TÉCNICA

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
861
BIBLIOTECA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 162-Fevereiro-1946

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

São garantidos por **10 ANOS** contra o desgaste

MOSAICOS

CAVAN

AZULEJOS

de granulados de mármore

OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS ECONÓMICOS

Soc. Portuguesa CAVAN
Rua D. Estefânia, 42
Telefone 47812 / 50129 — Lisboa
FILIAL NO PÔRTO: **RAL, LTD.ª**
PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
162
Fevereiro — 1946

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

BIBLIOTECA IST

DIRECTOR
ANTÓNIO BUSTORFF
ADMINISTRADOR
FERNANDO MANZANARES ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO
CORPO REDACTORIAL
João Barata Galvão
Henrique Marques Pereira
Eduardo Cansado de Carvalho
José Pais Gromicho
Alfredo Nobre da Costa
Manuel da Silva Ferreira

NÚMERO AVULSO 7$50
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Novo Hospital Escolar — Estado das obras

		Págs.
Estudante hoje, chefe amanhã	Eng.º Mercier Marques	735
Estacas para fundações	Eng.º Fernando Vasco Costa	737
Tratamento de minerais em mesas oscilantes	Eng.º Alberto Cerveira	754
O Problema da Implantação das Obras de Abrigo dos Portos	Eng.º Carlos Krus Abecasis	759
A direcção técnica das indústrias	Eng. F. Barreto e Costa	766
Viga contínua de 3 tramos simétrica	Eduardo Cansado de Carvalho	767
Vida Escolar e Associativa		774
Do Mundo Técnico		781
Notas bibliográficas		783
Publicações recebidas		783

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

D. MOURA — ENGENHEIRO

REPARADORA ELECTRO-MECÂNICA

Uma organização para trabalhos de electricidade

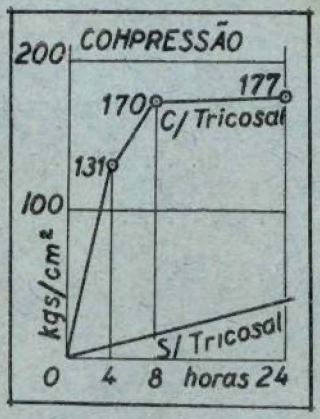
ALTA TENSÃO — BAIXA TENSÃO

Oficinas de construções eléctricas.
Transformações de características e reparações em:
GERADORES — MOTORES — TRANSFORMADORES
e em tôda a aparelhagem eléctrica para usos industriais e agrícolas.
SERVIÇO DE ASSISTÊNCIA URGENTE À INDÚSTRIA

Instalações industriais de Fôrça Motriz e Luz
Portos de transformação

Com o nosso empréstimo de máquinas temos evitado a paralização de muitas fábricas

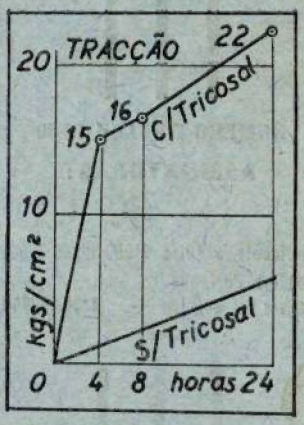
RUA DA TRINDADE, 18-A — LISBOA
Telefone 21406
Telegramas — REPARADORA



Impermeabilisante — Acelerador de presa

Anti-acidos — Anti-oleos

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL
H. M. F. HATHERLY. LTDA.
RUA DO COMERCIO, 8 — TEL. 2 2001



Furos de diametros $2\frac{1}{2}''$ e $\frac{3}{4}''$ — Sendo aplicado cimento com TRICOSAL — 4 minutos depois perfeitamente estancados

WILD

POR CARÊNCIA DE TRANSPORTES

escassearam durante muito tempo as entregas destes apreciados instrumentos suiços.

SEM QUEBRA DE QUALIDADES

a-pesar-da guerra, a sua construção impor-se-á no futuro como no passado.

TEMOS AGORA PARA ENTREGA IMEDIATA

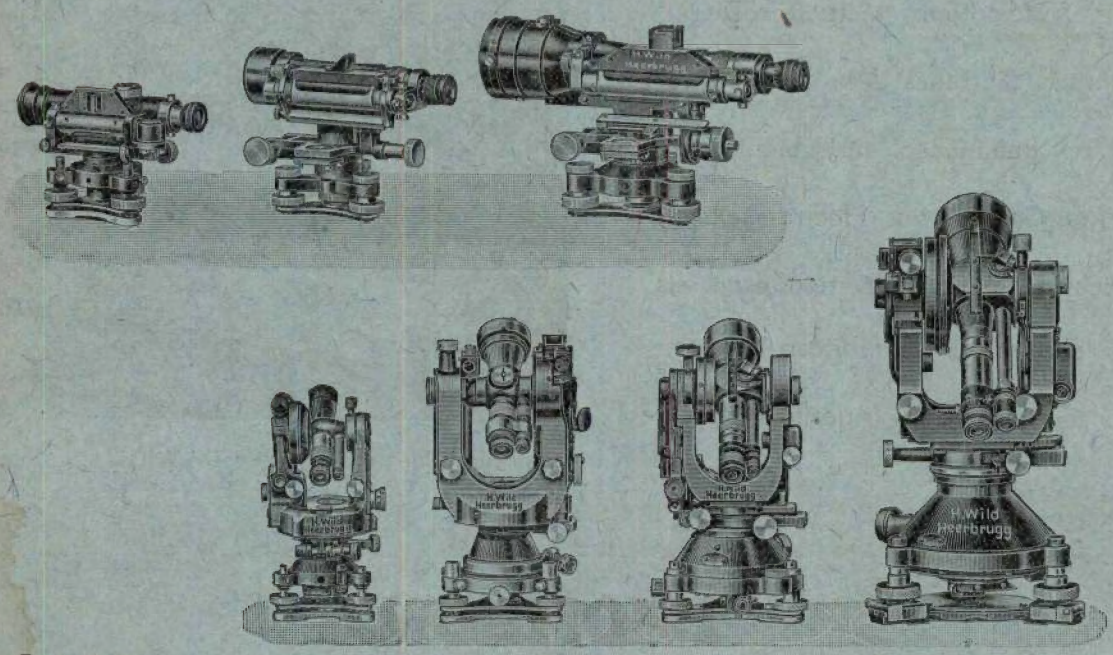
ou em curto prazo os tipos mais vulgares. Peça-nos preços e catálogo e faça já a sua encomenda.

Nível pequeno	**N I**
Nível médio	**N II**
Nível de alta precisão	**N III**
Teodolito-bússola	**T 0**
Teodolito repetidor	**T 1**
Teodolito universal	**T 2**
Teodolito de alta precisão	**T 3**
Teodolito astronómico	**T 4**

Alidade e prancheta
Estádia, Esquadros, etc.

Aparelhos de Fotogrametria terrestre e aérea

Telémetros e outros instrumentos militares



Representantes e Depositários em Portugal

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

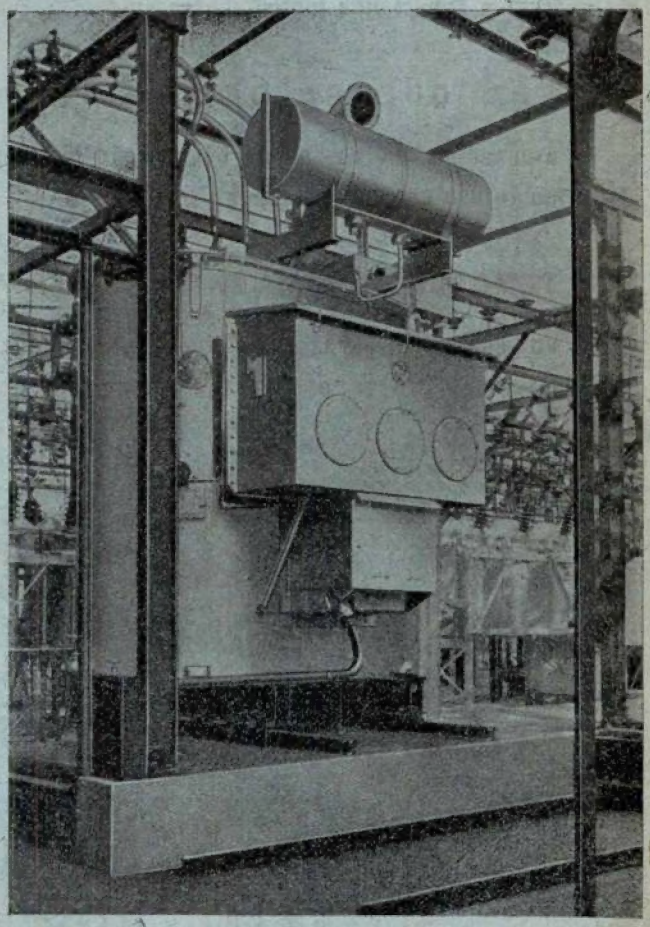
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 2 4314/15 LISBOA

WILD
HEERBRUGG

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hídro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.



Transformador trifásico com regulação da tensão em carga

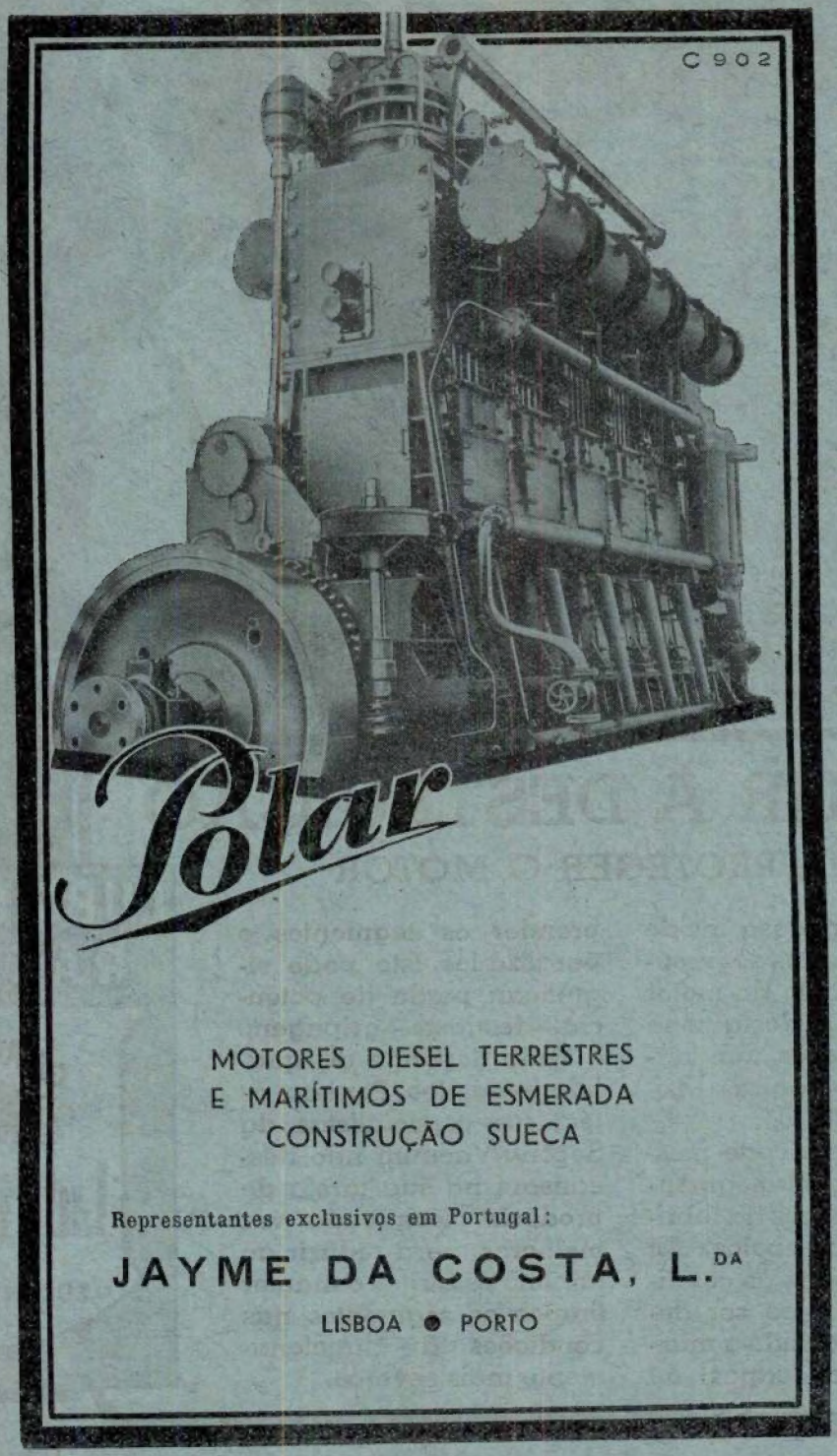
THOMSON GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136


C 902
Polar
MOTORES DIESEL TERRESTRES
E MARÍTIMOS DE ESMERADA
CONSTRUÇÃO SUECA
Representantes exclusivos em Portugal:
JAYME DA COSTA, L.DA
LISBOA • PORTO

RESISTIR À DESTRUIÇÃO

PARA PROTEGER O MOTOR

O foco luminoso incide sôbre a zona dos segmentos dum êmbolo do motor Diesel. Acima desta zona reinam pressões formidáveis e temperaturas vizinhas de 2.000° C.

A região em corte mostra as caixas dos segmentos, pontos críticos da lubrificação dos êmbolos. Ali se reunem tôdas as condições para o óleo ser decomposto, reduzido a massa pegajosa, capaz de prender os segmentos e paralizá-los. Isto pode significar: perda de potência—desgaste—gripagem.

Tudo depende da qualidade do óleo. Por isso, os técnicos especialistas da Socony-Vacuum não descansam na sua tarefa de produzir óleos cada vez melhores, para reduzir ao mínimo os atritos e manter limpos os segmentos nas condições de funcionamento mais severas.

LUBRIFICAÇÃO RACIONAL

GARGOYLE

Lubrificantes

SOCONY-VACUUM

2051

SOCONY-VACUUM

TÉCNICA

ANTÓNIO BUSTORFF
DIRECTOR

ANO XXI - N.º 162 FEVEREIRO 1946

ESTUDANTE HOJE, CHEFE AMANHÃ

PELO ENG. QUÍMICO (I. C. T.) MERCIER MARQUES
C. D. 378

Dada a feição característica de um curso essencialmente destinado a formar homens de acção e não burocratas, compreende-se que a aspiração de grande parte dos jovens engenheiros que as escolas lançam na vida prática, seja a de fazer carreira profissional dentro da indústria.

Essa preferencia filia-se, tambem, no facto das indústrias oferecerem ao engenheiro situações materiais, independência, possibilidades de iniciativa e de realização, que difìcilmente se encontram noutros sectores da Engenharia.

A transição dos bancos da Escola para as posições de comando que os engenheiros ocupam nas fábricas, estaleiros e oficinas, não se faz, porém, sem pesados sacrifícios, grande soma de esforço e algumas desilusões. Na verdade, para o bom desempenho da sua missão, é indispensável que o técnico fabril reúna às qualidades que a engenharia exige de todos os seus candidatos, algumas outras — não menos importantes— que permitam o seu equilíbrio estável entre os que teem de lhe obedecer e aqueles de quem recebe ordens.

Esse equilíbrio é, com frequência, mais penoso e exige, pelo menos, tanta inteligência como a resolução dos problemas profissionais que solicitam a sua atenção. De pouco servirá ao engenheiro uma boa preparação técnica, se ele não puder ou não souber adaptar-se á vida da colmeia humana em que a sua acção tem de se desenvolver. Há temperamentos que o não conseguem nunca.

Pósta de parte a questão da competência, a indústria cria ao jovem engenheiro um problema complexo: o das suas relações com chefes e subordinados.

Nem sempre é simples um bom entendimento entre o engenheiro e os seus chefes — patrões, administradores ou directores. Culturas e formações intelectuais diferentes, pontos de vista opostos na resolução das questões técnicas e sociais criam, algumas vezes, divergencias de solução difícil. Em casos tais, o engenheiro necessita dar prova de grande tacto, bom senso e serenidade. É-lhe indispensavel um perfeito domínio dos nervos para afrontar, por vezes, situações de flagrante injustiça ou de errada visão das coisas.

Só a sua educação, dignidade, e disciplina lhe permitirão triunfar em tais emergencias. A sua acção, porém, tem de perseverantemente orientar-se no sentido de temperar ou anular estes males, com optimismo e firmeza de carácter.

Pouco a pouco, mercê de estudo, trabalho e força de vontade, o engenheiro consegue impor-se aos seus chefes e conquistar o prestigio indispensavel ao completo desenpenho da sua missão.

***

As relações do engenheiro com o pessoal que lhe está subordinado não são menos delicadas.

Elas exigem certas qualidades, aparentemente antagónicas, pois que a par da bondade e tolerância, são necessarias autoridade, decisão, firmeza e sobretudo justiça.

Um verdadeiro chefe deve saber perdoar; em muitas circunstancias não póde mesmo deixar de o fazer. Um castigo inoportuno ou injusto é, quási sempre, mais nefasto que uma tolerância excessiva.

Mas é preciso ter sempre presente que a fraqueza conduz à indisciplina e esta ao descalabro.

O engenheiro tem, por todos os meios, de fazer-se estimar do seu pessoal, visto que só assim conseguirá o esforço e o saçrificio que a indústria tantas vezes pede. Para isso não pode alhear-se dos pequenos ou grandes conflitos que atormentam o espírito dos seus operários. Deve procurar conhece-los moralmente, auscultar-lhes as necessidades, atende-los com bondade e paciencia, corrigir-lhes os defeitos, coloca-los nos lugares que mais se coadunem com as suas aptidões

Não póde nunca desinteressar-se das suas sugestões, mesmo quando á primeira vista pareçam insensatas. O contacto diário com amáquina ou com a aparelhagem das indústrias, sugere a certos operários mais habeis criticas ou aperfeiçoamentos que bastas vezes aproveitam ao engenheiro e, em ultima análise, á marcha da indústria.

A cultura da engenheiro não o deve envaidecer nem torná-lo rude ou descortez para com o seu subordinado; pelo contrario, ela impõe-lhe simplicidade e modestia para não ferir susceptibilidades que despertem sentimentos indesejaveis.

É preciso não esquecer que os conhecimentos obtidos na Escola só se valorizam plenamente e se completam em contacto com as realidades. Para esse complemento muito contribuem a observação directa do trabalho e as lições da experiencia dos que o executam.

Quando o trabalho de um operário muda de qualidade ou de rendimento é necessário procurar-se o motivo dessa alteração. Um pequeno interrogatorio feito com serenidade, e alguns conselhos sensatos, resolvem melhor a questão que uma admoestação violenta. E, por vezes, a origem do mal é tão respeitavel, que a falta terá de ser desculpada.

O engenheiro tem de ser, sobretudo, humano.

Nas fábricas, como em todos os grandes agregados de homens, não faltam os defeitos capitais dos homens: a intriga, a mentira, a inveja, a rotina, a tendencia para o menor esforço. Esses grandes inimigos do engenheiro teem de ser combatidos intransigentemente pela persuação e pelo exemplo.

A vida numa fábrica é, acima de tudo, uma colaboração. Da boa ou má orientação de quem manda dependerá, inevitavelmente, a qualidade dela.

O chefe tem de possuir uma elevada noção de responsabilidade. Ele não pode esquecer nunca que é ele, sósinho, quem responde pelas faltas de todos. Este facto cria-lhe uma força e um prestigio de incalculavel projecção.

O seu exemplo, a sua capacidade de trabalho, a sua emancipação de qualquer horario rigido, o esforço físico que possa fornecer em casos de emergencia, repercutem-se fortemente no espirito do seu pessoal Conduzir homens é tarefa dificil, mas simplifica-se muito pelo respeito de certas regras. Assim, uma correcção absoluta no tratamento dispensado aos subordinados, é sempre boa base para uma colaboração leal e amigavel.

E, numa fabrica, num estaleiro ou numa oficina — pese a quem pensar o contrário — só num ambiente de bom entendimeuto e de estima respeitosa se consegue boa colaboração, isto é: trabalho produtivo.

A missão do engenheiro na indústria está longe de ser puramente técnica.

Lisboa, 30 de Janeiro de 1946

INSTITUTO PARA A ALTA CULTURA
CENTRO DE ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO · LISBOA
PUBLICAÇÃO N.º 3

ESTACAS PARA FUNDAÇÕES

PELO ENG.º CIVIL FERNANDO VASCO COSTA
Assistente do I. S. T. e Bolseiro do I. A. C.

624.154/5

Iniciamos neste número da Técnica *a publicação de um estudo sobre estacas para fundações.*

Teve o seu autor oportunidade de se familiarizar com variados processos de execução e diversos tipos de estacas, nas obras do Novo Arsenal do Alfeite e da Base Naval de Lisboa, para onde trabalhou de 1936 a 1945, ao serviço da firma «Gruen & Bilfinger A. G.» e da «Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, Ltd.ª». Por motivo de diversos concursos pelos quais estas firmas se interessaram, foi o autor obrigado a informar-se e a documentar-se sobre muitos tipos de estacas que constituiam exclusivo de empresas concorrentes. Ao projectar diversas obras fundadas sobre estacas foi levado também a estudar o problema das cargas que as estacas podem suportar. Juntou, por virtude das circunstâncias expostas, elementos que, pareceu, haveria utilidade em publicar.

Contribuiram com valiosas sugestões para este trabalho os Srs. Eng.º Henrique Leitão, Eng.º Pedro Nunes, Eng.º Manuel Rocha, Eng.º Flávio dos Santos e, muito especialmente, o Eng.º Frederico Spies, do qual partiu a iniciativa da publicação e a quem o autor deve muitos ensinamentos.

Alguns dos engenheiros citados, após a leitura do original a que obsequiosamente se prestaram, manifestaram a sua discordância, nalguns pontos, com o modo de ver do autor. Não devem, por êsse motivo, ser considerados responsáveis pelas opiniões expostas neste trabalho.

Pelo grande interêsse que puzeram em o ajudar, o autor apresenta a todos eles os seus melhores agradecimentos.

PLANO DO TRABALHO

INTRODUÇÃO — Generalidades sobre estacas
CAPÍTULO I — Estacas de madeira
CAPÍTULO II — Estacas de betão
A) Estacas betonadas em estaleiro
B) Estacas moldadas no solo
CAPÍTULO III — Estacas metálicas
CAPÍTULO IV — Estacas de areia
CAPÍTULO V — Processos empregados para afundar no terreno as estacas e os seus moldes
CAPÍTULO VI — Funções que as estacas podem desempenhar
CAPÍTULO VII — Avaliação das cargas que as estacas podem suportar
CAPÍTULO VIII — Critérios para a escolha de tipos de fundações e de estacas.

INTRODUÇÃO

1 — Generalidades sobre estacas

As estacas são elementos empregados na construção caracterizados pela sua forma muito alongada, sua posição vertical ou pouco inclinada, e pelo facto de, pelo menos em parte do seu comprimento, se encontrarem enterradas no solo. São utilizadas, essencialmente, para a transmissão de cargas a camadas profundas do terreno, e, com menos frequência, para suportar impulsos de terras ou de água e para compactar terrenos.

depois de, fóra dele, terem recebido a sua forma definitiva; diz-se por isso que são *estacas preparadas ou fabricadas em estaleiro.*

As estacas de betão simples e as estacas de areia são executadas dentro de buracos abertos no terreno; diz-se por isso que são *estacas moldadas no solo.*

As estacas de betão armado tanto podem ser preparadas em estaleiro como moldadas no solo.

Para afundar no terreno as estacas fabricadas em estaleiro, ou os moldes das estacas

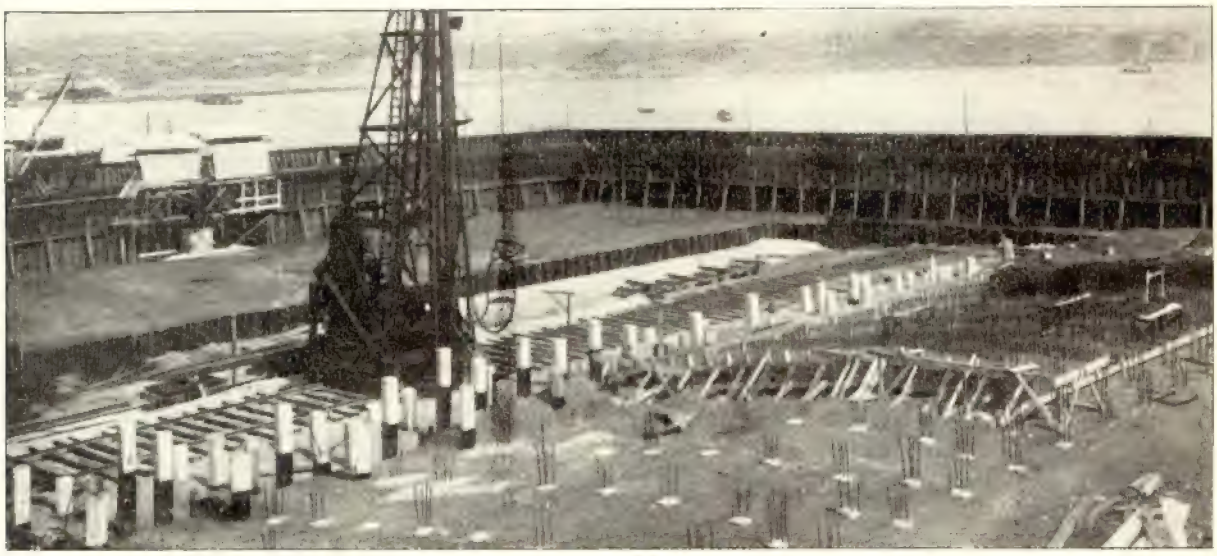


Fig. 1 — Plano inclinado do Arsenal do Alfeite. Cravação de estacas de betão ao abrigo duma ensecadeira de estacas-pranchas metálicas. Fot. da Somec

Empregam-se estacas nos mais diversos tipos de obras: fundações, estacadas, Duques de Alba, consolidação de terrenos, proteção de margens, ensecadeiras (Fig. 1), etc.

As estacas podem ser constituidas pelos seguintes materiais:

1) *madeira*
2) *betão*
3) *betão armado*
4) *aço*
5) *areia.*

As estacas de madeira, e também as de aço, só são colocadas dentro do terreno

moldadas no solo, empregam-se os seguintes processos:

1) *cravação*
2) *perfuração do terreno*
3) *injecção de água*
4) *aparafusamento*
5) *prensagem.*

Como adiante veremos, esta variedade é consequência da diversidade dos terrenos, dos materiais empregados nas estacas, das condições especiais de execução, da aparelhagem disponível, da grandeza das cargas a suportar, da quantidade das estacas a empregar em cada obra, etc.

Quanto à sua posição, as estacas podem ser *verticais* e *inclinadas*. Quási todos os tipos de obras exigem o emprêgo conjunto de estacas verticais e estacas inclinadas.

Quando servem para suportar fôrças dirigidas de cima para baixo, chamam-se *estacas de compressão;* quando as fôrças são dirigidas de baixo para cima, chamam-se *estacas de tracção*.

Consoante é por atrito ao longo da sua superfície ou por intermédio da sua ponteira que uma estaca transmite ao terreno as fôrças que lhe são aplicadas, assim se designa como *estaca flutuante* ou como *estaca carregada de ponta*.

As estacas podem também trabalhar à flexão. Encontram-se nessas condições as *estacas-pranchas:* estacas com que, por justaposição, se constituem cortinas destinadas, especialmente, a suportar impulsos de águas e terras.

Mediante a cravação de estacas conseguem-se melhorar, como fundação, alguns terrenos. As estacas empregadas para êsse fim classificam-se como *estacas de compactação*.

Chamaremos *cabeça* à extremidade superior duma estaca. À extremidade inferior duma estaca fabricada em estaleiro chamaremos *ponteira;* à duma moldada no solo, *base*.

Fig. 2 — Ponte provisória para serviço de uma obra

Fot. do A.

No fim do presente artigo apresentamos uma lista de referências bibliográficas classificadas por ordem alfabética dos autores. Nessa lista encontram-se já incluídas as referências às obras que serão citadas nos artigos seguintes.

Com o fim de facilitar ao leitor a consulta de obras estrangeiras, indicamos, junto a cada designação com significado peculiar no estudo das fundações, os seus equivalentes noutras línguas.

Dada a grande variedade de circunstâncias que podem ter influência na execução e no comportamento da obra é geralmente difícil, para cada caso, a escolha do tipo de estaca mais conveniente. O nosso objectivo ao escrever o presente trabalho foi facilitar esssa escolha.

CAPÍTULO I

Estacas de madeira

2 — Generalidades

A estacaria de madeira, embora pouco tenha evoluído desde os remotos tempos do seu emprêgo nas cidades lacustres, continua ainda hoje a prestar relevantes serviços, mesmo em competência com os mais modernos processos de fundação.

As estacas de madeira são geralmente fáceis de obter em qualquer região, o seu custo é baixo, suportam muito bem a cravação e, em dadas condições, têm uma duração ilimitada.

No entanto, entre nós, o seu emprêgo encontra-se actualmente quase limitado a construções provisórias (figs. 2 e 3). Pode atribuir-se tal facto à falta de madeira com as qualidades e dimensões convenientes.

Na Europa há vários exemplos de construções fundadas há séculos sôbre estacaria de madeira, que ainda hoje se mantêm perfeitamente. Nomeadamente na Suiça, existem, em serviço, diversas pontes muito antigas fundadas sobre estacas de madeira.

Parte da Baixa de Lisboa está fundada sobre estacaria de madeira do tempo da reconstrução pombalina.

Quando, em 1902, se procedeu à reconstrução do campanário da Igreja de S. Marcos em Veneza, verificou-se que as estacas, após mil anos de serviço, ainda se encontravam

capazes de voltar a suportar o grande peso do campanário (Jacoby e Davis, 1941, pag. 81).

Fig. 3 — Duques de Alba, de madeira

Fot. do A.

Tratando estacas de madeira queira ler-se Jacoby e Davis (1941), Noë e Troch (1920) e Masters (1941).

3 — Madeira para estacas

Ao escolher-se madeira para estacas deve atender-se, antes de mais, às qualidades de que depende a sua duração; isto, muito especialmente, se as estacas forem destinadas a fundações de obras definitivas.

Para que bem suporte a cravação convém ainda que a madeira da estaca possua boa resistência ao choque.

Entre nós não é devidamente cuidado o crescimento e o tratamento das madeiras destinadas à construção. Daí, além de outros inconvenientes, a sua fraca duração.

Uma das razões por que se está empregando tanta estaca de betão, onde estacas de madeira poderiam prestar o mesmo serviço, senão melhor, reside justamente na dificuldade de conseguir, para obras de responsabilidade, madeira com as convenientes dimensões, resistência e possibilidade de duração. Ao passo que, na América, se chegam a cravar estacas de madeira com diâmetros da ordem dos 50 cm e comprimentos superiores a 40 m, de óptimas madeiras, tais como cedro, abeto, etc., entre nós já é difícil conseguir estacas com comprimentos superiores a 15 m, e apenas de pinho ou eucalipto.

As qualidades a que mais se deve atender, durabilidade e resistência ao choque, são difíceis de avaliar por simples observação da estaca. Há sempre vantagem em proceder a um reconhecimento prévio das árvores destinadas a ser abatidas.

É muito útil o conhecimento que se possa obter sobre o comportamento de estacas de árvores semelhantes e empregadas em condições comparáveis.

Para as estacas deve escolher-se madeira de árvores bem desempenadas, pois, de outro modo, as estacas poderão fender durante a cravação.

A época de corte tem grande influência na duração da madeira. Convém, em geral, que o corte seja efectuado no princípio do inverno (Stoy 1941).

Alguns processos de tratamento das madeiras, infelizmente ainda não divulgados entre nós, permitem aumentar, de modo cosiderável, a duração da madeira (Hool 1943, pag. 163).

A *American Railway Enginneering Association* elaborou condições de recepção que foram parcialmente transcritas por Jacoby e Davis (1941, pag. 79). Dentre essas condições destacamos as seguintes: «não é permitido, em dados tipos de obras, o emprego de estacas com nós agrupados nem com nós de diâmetro superior a 10 cm ou a 1/3 do diâmetro médio da estaca; os buracos na madeira não podem ter diâmetro superior a 4 cm nem profundidade que exceda 1/5 do diâmetro da estaca; e uma linha recta que una os centros das suas extremidades não deve sair fóra da estaca».

Sobre madeira para estacas consultem-se Agatz (1936), Am. Soc. Civ. Eng. (1939) Brennecke e Lohmeyer (1937), Jacoby e Davis (1941), Noë e Troch (1920), e Stoy (1941).

4 — Conservação das estacas de madeira debaixo de água

A principal vantagem das estacas de madeira reside na sua duração, pràtica-

mente ilimitada, quando mantidas permanentemente debaixo de água. Sujeitas a alternativas de secura e humidade, quási

Fig. 4 — Cabeças das estacas para a fundação dum muro-cais, postas a descoberto numa maré de águas vivas

Fot. do A.

todas as madeiras são destruídas ràpidamente.

A necessidade de, em obras de responsabilidade, manter mergulhadas as estacas de madeira, é uma sujeição que nunca deve ser esquecida e que, por vezes, implica a adopção de dispositivos especiais.

Nos lugares sujeitos a marés, o movimento de subida e descida da água permite cortar as cabeças das estacas a uma cota suficientemente baixa para que mais tarde, depois de aterradas, nelas seja mantida, por capilaridade, a humidade suficiente para assegurar às estacas uma duração ilimitada. Acima dessa cota, o restante trabalho de fundação pode ser efectuado à maré (fig. 4).

Quando as estacas ficam livres, debaixo de água, em parte do seu comprimento, como sucede em muitas obras marítimas, convém proceder ao corte da cabeça das estacas abaixo da cota do baixa-mar de águas vivas, para evitar que, mesmo durante pouco tempo, possam ficar a descoberto.

Para esse fim poderá empregar-se uma serra circular (fig. 5) ou uma serra de lâmina montada numa armação especial (fig. 6), à qual por meio de dois cabos se dá um movimento de vaivem. (Ver Jacoby e Davis 1941, pag. 120, Kirgis 1943, pag. 230, Foerster 1930, II vol., pag. 2492 e Dean 1935, pag. 15).

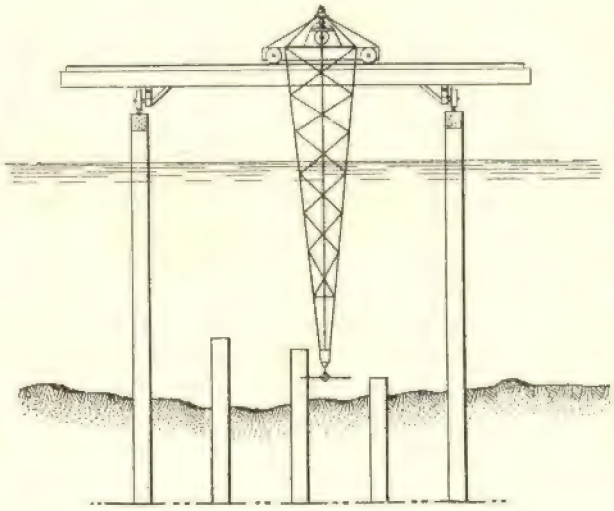


Fig. 5 — Serra circular para o corte das cabeças das estacas debaixo de água

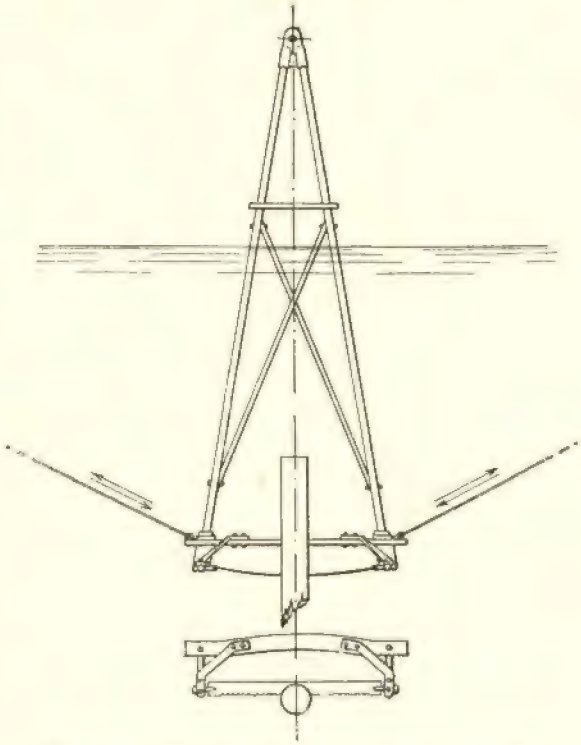


Fig. 6 — Serra de lâmina montada para o corte das estacas debaixo de água

Por meio de explosivos também já se tem procedido ao corte das estacas debaixo de água (Wright 1942).

Adiante veremos, ao tratar da cravação com prolonga, um modo de evitar o corte da cabeça das estacas debaixo de água (Parág. 35).

5 — Perigo do abaixamento do lençol aquífero

Um abaixamento do lençol aquífero pode ter origem geológica ou ser imposto por outras razões, tais como a execução, em terrenos vizinhos, de fundações, caves ou captações de águas.

Independentemente de qualquer outra acção sobre o terreno, um abaixamento desses, mesmo temporário, pode comprometer a segurança de obras suportadas por estacas de madeira.

Os americanos, que fazem largo emprego de estacas de madeira para obras de grande responsabilidade, têm lançado mão de variados expedientes para obviar aos perigos do abaixamento do lençol aquífero.

Assim, na fundação de um hotel de 24 andares em Milwaukee, para assegurar a conservação das estacas de madeira, enfiaram cilindros nas cabeças das estacas. Estes cilindros manter-se-ão cheios de água, mesmo que exteriormente, por qualquer circunstância imprevista, venha a baixar o lençol aquífero. (Eng. News Record, 1931, Julho, 9).

O Engenheiro Luís David, com o fim de assegurar a conservação das estacas de madeira sobre que estão fundados muitos edifícios importantes de Berlim, defendeu a fixação e a manutenção duma cota bastante alta para o lençol aquífero. Essa cota envolveria o alagamento de algumas caves no centro da cidade (David 1932).

6 — Ataques por seres vivos

As estacas que se encontram em contacto directo com a água salgada são, nalguns portos, destruídas ràpidamente por organismos vivos, dos quais o mais de temer é o teredo (fig. 7).

O teredo ataca a madeira, por vezes sob forma epidémica, quási sem deixar sinais à superfície da estaca. O facto de o ataque passar desapercebido dá com frequência ocasião a graves desastres.

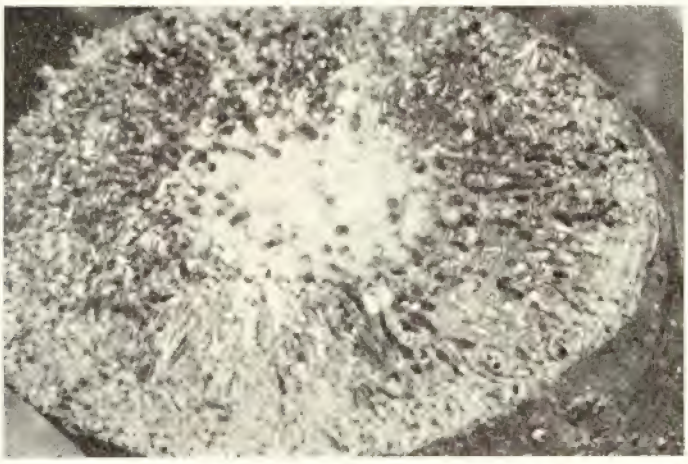


Fig. 7 — Corte de uma estaca fortemente atacada pelo teredo Fot. do A.

Foi o que se verificou num acidente ocorrido nas obras do Arsenal do Alfeite. Num artigo em que descreve esse acidente, o Eng.º Carlos Alves dá várias informações sobre o teredo (Alves 1944).

Acidentes semelhantes já se têm verificado noutros lugares (Eng. News Record, 1940, Fevereiro, 1, pág. 51).

Tem sido muito estudada a defesa contra o teredo, sem grandes resultados.

Sobre este assunto veja-se um interessante artigo publicado por Roch (1926 pág. 89).

Desse artigo, que é o resumo dum desen-

volvido estudo realizado nos países do Norte, transcrevemos algumas indicações: «o teredo prefere madeiras macias e dentro duma estaca evita as regiões mais rijas; há vantagem em cravar as estacas com casca; madeira colocada na água durante o outono resiste melhor; cravar pregos que enferrugem, cêrca de 4.000 por metro quadrado, é uma boa medida de defesa se se tiver o cuidado de evitar que o ataque se dê antes do seu enferrujamento; a creosotagem também é uma medida de aconselhar para as madeiras que se deixem embeber».

Num muro-cais construído no Alfeite sobre estacas de madeira, destinadas a serem envolvidas com areia (fig. 4), obteve-se a protecção contra o teredo enfiando cilindros de betão nas cabeças das estacas da fiada exterior, as únicas que se julgou estarem expostas ao ataque do teredo. Mais adiante, no paragrafo 32, reproduz-se a secção desse muro-cais.

Smith e Palen (1936) fazem referência ao emprego de cimento com arsénio«, sob a forma de pasta, como meio de protecção das estacas de madeira contra o teredo. O processo foi usado, com sucesso, na Suécia. A pasta de cimento, que é aplicada à pistola, adere muito bem à madeira e apresenta qualidades elásticas que lhe permitem resistir ao choque e mesmo à cravação.

7 — Estacas mixtas

Um expediente a que se tem lançado mão, muitas vezes, para obras marítimas, nos países em que são tidas em grande conta as estacas de madeira, é o emprego de estacas mixtas. Estas são constituídas por uma estaca de madeira prolongada superiormente por betão armado.

Em princípio seria uma solução ideal: debaixo de água estaca de madeira, fora de água estaca de betão. O emprego de estacas deste tipo é, além disso, muito económico.

A ligação ente os dois troços, porém, é difícil de efectuar dum modo perfeito (Brennecke e Lohmeyer 1937 e Colberg 1936, pág. 176).

No porto da Beira, em Moçambique, existe uma ponte-cais com estacas deste tipo (Morgan 1944, pág. 9).

Nas fundações das paredes mestras do edifício da Estação Emissora do Ribatejo foram também empregadas, pela firma «Teixeira Duarte», estacas mixtas.

Dewell (1938) descreve estacas em que na ligação dos dois materiais se empregou chapa ondulada. Essas ligações suportaram vários ensaios com sucesso.

Dean (1935, pag. 59) também descreve diversos tipos de estacas mixtas. Colberg (1936, pág. 356) apresenta a estaca «Moebus» que tem de peculiar a fixação, por parafusos, das armaduras do troço de betão ao troço de madeira.

Ao XVI Congresso de Navegação foram apresentados alguns tipos de obras com estacas mixtas (Caderno n.º 113).

8 — Cravação das estacas de madeira

Neste parágrafo apenas trataremos do que a cravação das estacas de madeira tem de peculiar. A cravação em geral será estudada mais adiante, no parágrafo 35.

A cravação, por sua própria natureza, é uma operação melindrosa; deve, por êsse facto, ser sempre efectuada com cuidado.

As estacas de madeira suportam razoàvelmente os esforços provenientes da cravação. Desde que o terreno seja homogéneo e não muito rijo, a cravação pode ser efectuada com confiança.

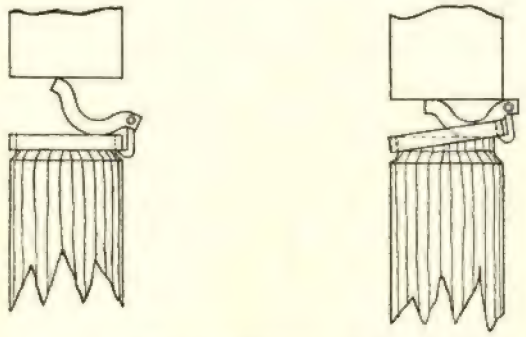


Fig. 8 — Dispositivo para recuperação dos aneis

Os acidentes verificados na cravação de estacas de madeira foram, a maior parte das vezes, motivados por corpos estranhos contra os quais chocou a ponteira da estaca.

As zonas duma estaca mais sujeitas a a danificarem-se são as suas extremidades: a ponteira e a cabeça.

Para que a estaca resista, nas melhores condições, aos esforços provenientes da cravação, há grande vantagem em munir a sua cabeça com um anel de aço.

Por meio de um dispositivo muito simples pode proceder-se à recuperação dos anéis de protecção da cabeça (fig. 8) (Jacoby e Davis 1941, pág. 96).

Com o mesmo fim de proteger a cabeça das estacas durante a cravação, também se podem utilizar capacetes metálicos especiais (Vêr adiante o parágrafo 35-10).

reno e êste não seja muito rijo, pode dispensar-se o emprêgo da ponteira metálica.

Segundo Krey (1936, pág. 150), o ângulo sob o qual se deve cortar a ponteira para obter o mínimo de resistência à penetração no terreno é

$$\alpha = \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}$$

em que ρ é o ângulo de atrito entre o terreno e o material da estaca (fig. 11).

Acerca da forma mais conveniente para a ponteira há, no entanto, grande diversidade de opiniões, o que se deve atribuir à

Ponteiras para estacas de madeira

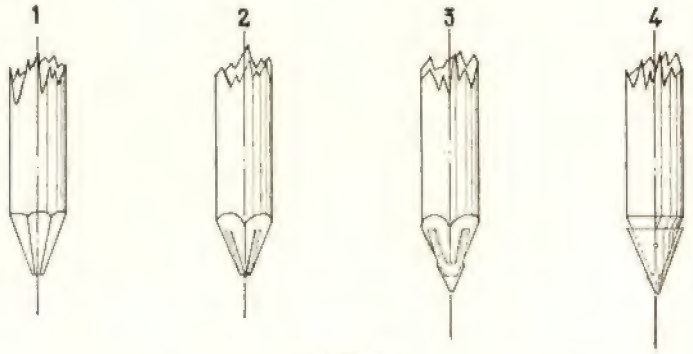


Fig. 9

Sempre que se verifique o amachucamento da cabeça da estaca, é conveniente serrá-la antes de se prosseguir com a cravação. Dêste modo, por se evitar o amortecimento do seu choque, se consegue um melhor aproveitamento da energia da queda do pilão. Reduz-se, além disso, o perigo de a estaca fender longitudinalmente.

É sempre recomendável o emprêgo duma ponteira metálica, segundo qualquer dos modelos das fig. 9 e 10. O pêso da ponteira deve ser proporcionado à dificuldade de cravação.

A ponteira, para que a cravação não provoque o encurvamento da estaca, deve ser fixada cuidadosamente segundo o eixo da estaca.

Desde que a cravação seja feita com cuidado, haja a certeza de não existirem corpos estranhos ou calhaus disseminados no ter-

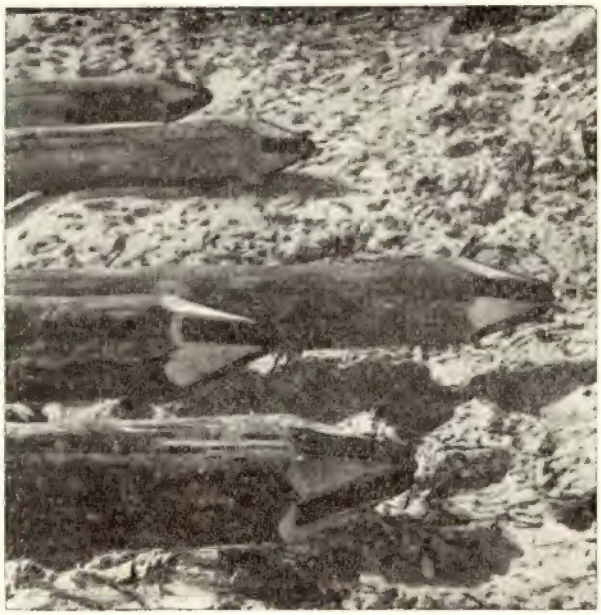


Fig. 10 — Estacas com ponteira metálica

Fot. do A.

grande variedade de condições de cravação estudadas pelos diversos autores. Há mesmo quem aconselhe, nalguns casos, a cortar de topo as ponteiras das estacas.

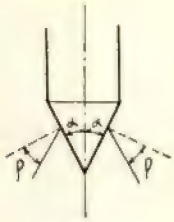


Fig. 11

Em quase todos os livros da especialidade se reproduzem fotografias com estacas danificadas devido a ter-se insistido na cravação, depois de a ponteira da estaca ter encontrado qualquer obstáculo ou terreno resistente. A areia compacta pode, por vezes, ser como tal considerada.

Deve por-se todo o cuidado em evitar êsses acidentes, especialmente de temer quando se empreguem bate-estacas de queda livre, com pilões caindo de grande altura (Bruns 1941).

Se a penetração da estaca por cada pancada aumentar repentinamente, isto é indício, quase seguro, de que a estaca partiu algures.

Se, pelo contrário, a penetração da estaca no terreno baixar de valor, isso significa que a ponteira encontrou algum obstáculo, e a cravação, no caso de ser levada por diante, deve passar a ser executada com especial cuidado, para se evitar que a estaca possa ser danificada.

A cravação de estacas em terrenos pedregosos, onde a cravação é forçosamente muito irregular, só pode ser entregue a mestres de bate-estacas com muita experiência e cujas informações inspirem toda a confiança.

Quando se receiem dificuldades com a cravação das estacas de madeira, pode recorrer-se ao expediente de abrir prèviamente buracos no solo e neles enfiar depois as estacas (ver adiante o parágrafo 37).

Com os modernos bate-estacas, em que a altura de queda não excede 1,2 m, já não são tanto de recear os acidentes atrás referidos.

Sobre a cravação de estacas de madeira poderão consultar-se Brennecke e Lohmeyer (1937), Bruns (1941), Jacoby e Davis (1941) e Noë e Troch (1920).

9 — Estacas cravadas com a parte grossa para baixo

Tem sido muitas vezes discutido se as estacas de madeira devem ser cravadas com a parte do tronco mais grossa para cima ou para baixo.

A este último modo de cravar designam os ingleses por *butt down* e os alemães por *waldrechte*.

A parte mais grossa para cima tem a vantagem de facilitar a execução de samblagens e a de permitir um melhor comportamento sob as pancadas do pilão; vantagem esta a ter especialmente em conta com estacas delgadas. Ela é a posição geralmente adoptada.

A cravação nesta posição é de aconselhar quando a estaca trabalhar por atrito lateral.

Quando se queira, porém, tirar todo o partido da resistência à penetração da ponteira, convém cravar a estaca com a parte grossa para baixo. É o que acontece quando, sob camadas de lodo ou argila fluida se encontra areia compacta (ver o parágrafo 42 sobre estacas carregadas de ponta).

Nas estacas sujeitas à flexão, no caso de os momentos flectores crescerem com a profundidade, também convém cravar as estacas com a parte mais grossa para baixo: é o caso dos Duques de Alba que trabalham à custa de grandes deformações,

Quando se queira, por meio de cravação de estacas de madeira, impedir o escorregamento relativo das camadas inferiores de terrenos sobrepostos, convém igualmente cravá-las com a parte grossa para baixo.

Nalguns terrenos acontece que, depois de terminada a cravação, a estaca tem tendencia a sair do terreno. A cravação das estacas com a parte grossa para baixo deve ser tentada como remédio para esse inconveniente (Jacoby e Davis 1941, pag. 109).

Segundo referem vários autores, a cravação com a parte grossa para baixo pode, nalguns terrenos, ser mais fácil do que a cravação na posição usual.

Sobre este assunto recomendamos a leitura dum extenso artigo publicado na revista «Der Bauingenieur» por Horch (1932).

10 — Estacas-pranchas de madeira

É relativamente recente o emprego de estacas cravadas em justaposição, formando cortinas, destinadas a reter terras ou água. Antigamente, quando para este fim se empregavam estacas, elas eram cravadas afastadas, fechando-se os intervalos entre as estacas, depois da cravação, com tábuas colocadas ao baixo ou com ramos de arvores.

As estacas destinadas a ser cravadas justapostas, formando cortina, são designadas por estacas-pranchas, em ingles *sheet piles,* em francês *palplanches* e em alemão *Spundwaende.*

Ao contrário do que se verifica com os restantes tipos de estacas, as estacas-pranchas trabalham, em geral, à flexão.

O emprego de estacas-pranchas de madeira, por causa da sua reduzida duração,

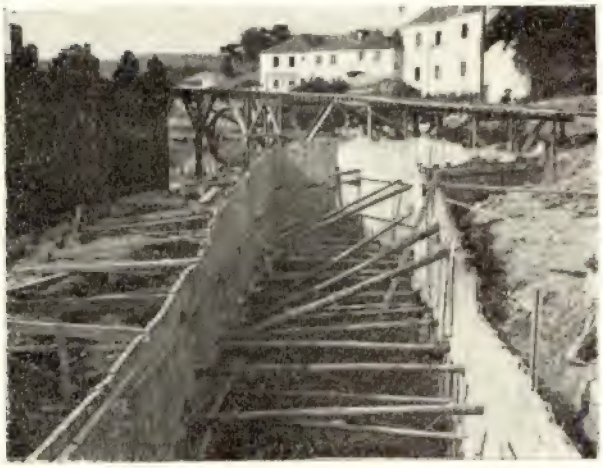


Fig. 12 — Ensecadeira de madeira para o pilar duma ponte da estrada marginal de Cascais

Fot do A.

encontra-se limitado a obras provisórias, em especial a ensecadeiras (figs. 12 e 13).

Não é possível preparar estacas-pranchas de madeira com formas adequadas para resistirem à flexão, tal como se faz com

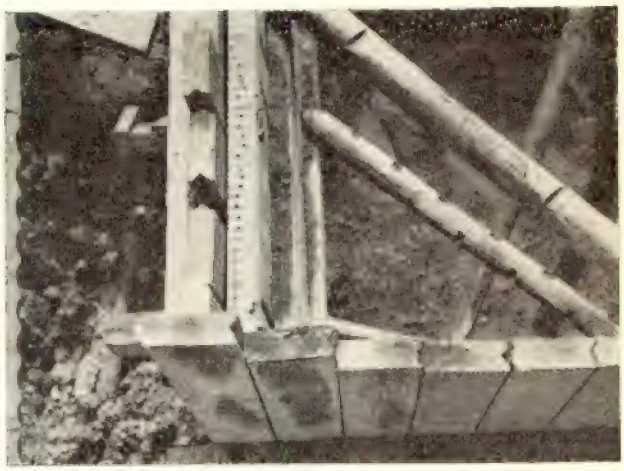


Fig. 13 — Pormenor da mesma ensecadeira

Fot. do A

o betão e, muito especialmente, com o aço. Deste facto resulta a necessidade de reduzir os vãos livres e colocar os escoramentos muito próximos, quando se empregam estacas-pranchas de madeira. Isto representa uma complicação para a execução e um estorvo para o trabalho dentro da ensecadeira.

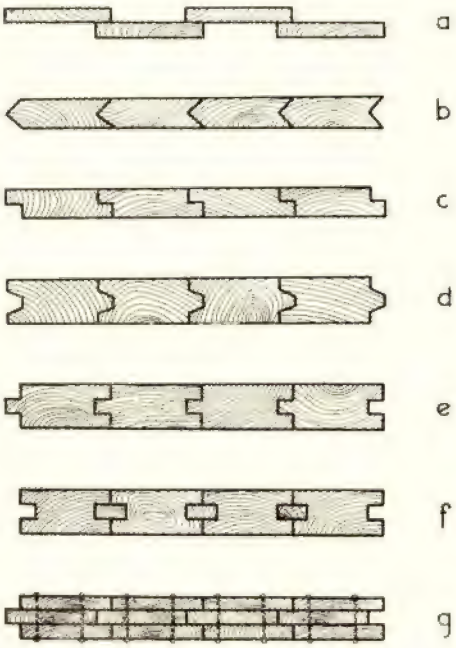


Fig. 14 — Tipos de estacas-pranchas de madeira

Para resistir a momentos flectores da mesma grandeza, uma estaca de madeira pesa muito mais do que uma estaca metálica; apesar da diferença entre as densidades dos respectivos materiais.

É possível que as novas formas de emprego da madeira permitam, num futuro próximo, o fabrico de estacas-pranchas de madeira com secções no género das actualmente adoptadas para as estacas-pranchas metálicas.

A cravação de estacas-pranchas de madeira deve ser efectuada com maior cuidado do que a cravação de estacas isoladas.

Os pontos mais fracos são sempre as juntas, sendo grande a variedade de tipos ensaiados por vários construtores. A fig. 14 representa alguns desses tipos. O tipo *g*) é dos que melhor resistem à cravação. Isso pode atribuir-se ao facto de os defeitos usuais da madeira, tais como nós, ficarem desencontrados ao juntarem-se as tres tábuas que constituem cada estaca. Outra vantagem reside em não haver desperdício de madeira ao abrir-se o macho e femea, como sucede nos restantes tipos (Noë e Troch 1920, pag. 18; Dean 1935, pag. 61; Jacoby e Davis 1941, pag. 218).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Na relação que se segue são mencionados, além dos livros e artigos consultados pelo autor na redacção do presente trabalho, alguns outros de que teve notícia e cuja consulta julga conveniente aconselhar, para quando tiverem sido removidas as dificuldades creadas pela guerra.

Embora sacrificando muitas descrições de trabalhos e de ensaios, afim de não alongar esta relação, dos livros e artigos publicados há 20 anos, apenas se faz referência àqueles que podem ser considerados clássicos.

AGATZ, A. (1933), Die Rammerfahrungen mit Larssenbohlen verschiedener Stahle fuer Hafenbauwerke in Bremen, *Die Bautechnik*, 1933, pág. 475.

— (1934), Der Rammstahlpfahl fuer Pfahlrostbauwerke, *Die Bautechnik*, 1934, pág. 46.

— (1936), *Der Kampf des Ingenieurs gegen Erde und Wasser im Grundbau*, Berlim, Julius Springer.

ALVES, JOÃO CARLOS (1944), Um caso insólito de ataque do «teredo», *Técnica*, 1944, Novembro, pág. 4.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINIEERS (1939), *Timber Piles and Construction Timbers*, Manual of Engineering Pratice.

— (1941), COMMITTEE ON THE BEARING VALUE OF PILE FOUNDATIONS Pile, Driving Formulas, *Proc. Am. Soc. Civil Engrs.*, 1941, Maio, pág. 853.

ARAÚJO, F. SARMENTO CORREIA DE (1942), *Estudo dos maciços terrosos e dos seus suportes*, Porto, Edições Lopes da Silva.

ARENS E ROEHNISCH (1937), Belastungsproben an Stahlpfaehlen und deren Anwendung bei der Erweiterung des Dortmund-Ems-Kanals, *Die Bautechnik*, 1937, N.º 45 e 49.

BAUMANN (1934), Analysis of sheetpile bulkheads, *Proc. Am. Soc. Civ. Engrs.*, 1934, N.º 3.

BEAN, D. C. (1945), Pile Drivers, *The Dock and Harbour Authority*, 1945, Abril, pág. 267.

BENNETT, RONALD (1931), *Pile-Driving and the Supporting Capacity of Piles*, Selected Paper 111, Londres, Inst. Civ. Eng.

BENRATH, H. (1934), Erfahrungen mit staehlernen Spundwaenden und Pfaehlen beim Bau von Kaimauerverstaerkungen im Hamburger Hafen, *Jahrb. d. Hafenbaul. Ges.* 1934-35.

BERGERON (1939), Analyse par la méthode graphique du battage des pieux, *Mecanique*, 1939, Maio e Junho, pág. 126-128.

BIERBAUMER (1929), *Vorschlaege fuer die Beurteilung von Flach-und Pfahlgruendungen*, Viena.

BLUM (1931), *Einspannungsverhaeltnisse bei Bohlwerken*, Berlim, W. Ernst & Sohn.

BOONSTRA (1936), Proefbelastigen op palen te Zwijndrecht, *Openbare Werken*, 1936, N.º 18 e 19.

— (1940), Mantelreibung und Spitzenwiderstand von Pfaehlen. Extensa referência na *Bautechnik*. 1940, Outubro, pág. 530,

BOVEROULLE, (1939), Reprise en sous-oeuvre d'une tour de 45 mètres de hauteur à Rio de

Janeiro, *La Technique des Travaux*, 1939, Dezembro, pág. 197.

BRENNECKE E LOHMEYER (1937), *Der Grundbau*, Berlim, 1.º vol., Wilhelm Ernst & Sohn, 4.ª edição.

BROACH, J. B. (1943), Method of Recording and Evaluating Test Pile Data, *Wood Preserving News*, 1943, Abril.

BRODE, C. G. (1940), Novel Pile-Test Loading, *Eng. News Record*, 1940, 1 de Fevereiro, pág. 71.

BRUNS, T. C. (1941), Don't hit timber piles too hard, *Civil Eng.*, 1941, Dezembro, pág. 726.

BUER (1927), Ueber Pfahlrammung im Tonboden, *Bautechnik*, 1927, N.º 47.

BUISSON, M. M. (1939), Conditions de stabilité des fondations sur pieux, *Travaux*, 1939, Março, Julho e Setembro.

— (1942), *Caractéristiques Phisiques et Mécaniques des Sols*, Paris, Dunod.

BURMISTER, D. M. (1937), Graphical Distribution of vertical pressure beneath foundations, *Proc. Am. Soc. Eng.*, 1937, Janeiro.

— (1940), Stress Distribution for Pile Foundations, *Proc. Pardue Conf. on Soil Mechanics*.

BUTZER (1924), Druck-und-Zugversuche an Eisenbetonpfahlen, *Der Bauingenieur*, 1924, N.º 13 e 1927, N.º 45.

CAMPUS, M. F. (1935), Beschaedigungen an Eisenbetonpfaehlen, durch das Einrammen, *Ann. Trav. Publ. Belges*, 1935, N.º 1.

CASAGRANDE (1932), The Structure of Clay and Its Importance in Foundation, *Jour. Boston. Soc. Civ. Eng.*, 1932, Abril.

— (1937), Grossversuch zur Erhoehung der Tragfaehigkeit von schwebenden Pfahlgruendungen durch elektrochemische Behandlung, *Die Bautechnik*, 1937, N.º 1.

— (1940), Die Neubearbeitung der Din 1054, *Die Bautechnik*, 1940, pág. 561.

CAUFOURIER, PAUL (1938), Le battage des pieux en béton armé, Expériences des Building Research Board britannique, *Le Génie Civil*, 1938, N.º 26, pág. 540.

CESTELLI (1939), Sulle Palificate di Fondazione, *Ann. dei Lav. Publ.*, 1939, Julho, pág. 679 e 684.

CHELLIS, ROBERT D. (1941), A consideration of Piles Driving with Application of Pile Loading Formula, *Jour. Boston Soc. Civ. Eng.*, 1941, Janeiro, pág. 1.

CHOPARD (1926), Ueber «Ortpfaehle» unter besonderer Beruecksichtigung der Bohrpfahlsysteme Michaelis, *Schweizerische Bauzeitung*, 1926, N.º 23.

COLBERG (1936), Grundbau, *Handbuch fuer Eisenbetonbau*, 4.º volume, Berlim, Wilhelm Ernst & Sohn, 4.ª edição.

COUPRIE (1938), Exécution des fundations des hangars pour hydravions de la base d'aviation maritime de Port-Liautey, *Travaux*, 1938, Novembro, pág. 477-494.

CRANDALL, J. STUART (1931), Piles and Pile Foundations, *Jour. Boston Soc. Civ. Eng.*, 1931, Maio, N.º 5.

CUMMINGS (1938), The Stability of Foundation Piles against Buckling under Axial Load, *Proc. Highway Res. Board*, 1938, Dezembro, pág. 112-119.

— (1940), Dinamic Pile Driving Formulas, *Jour. Boston Soc. Civ. Eng.*, 1940, Janeiro, pág. 6.

DAVID, LUZ (1932), Ein Wege zur Erhoehung der Leben von Holzphahlgruendungen, *Der Bauingenieur*, 1932, pág. 138.

DEAN, A. C. (1935), *Piles and Pile Driving*, Londres, Lochwood and Son Ltd.

DETTMMER (1930), Belastungsversuche an hoelzernen Rammpfaehlen in Wesermuend, *Zeitschrift fuer Bauwesen*, 1930, pág. 13.

DEWELL, HENRY D. (1938), Experience in Driving and Testing Composite Piles, *Civ. Eng.*, 1938, Setembro, pág. 574-577.

DIETRICH (1933), Neues Hilfsmittel zur Untersuchung der Tragfaehigkeit von Rammpfaehlen, *Die Bautechnik*, 1933, N.º 23.

DORR (1922), *Die Tragfaehigkeit der Pfaehle*, Berlim, Wilhelm Ernst.

— (1932), Die Tragfaehigkeit der Pfaehle, *Die Bautechnik*, 1932, Agosto.

DUARTE, R. TEIXEIRA (1943), As fundações da Aerogare de Lisboa, *Técnica*, 1943, Janeiro.

DULL (1927), Der Konuspfahl, *Die Bautechnik*, 1927, N.º 16.

DURKEE, E. L. e R. L. MCINTOSH (1937) Structural Steel Bearing Piles, *Jour. Boston Soc. Civ. Eng.*, 1937, Abril.

ERLENBACH (1936), Anwendung der elektrochemischen Verfestigung auf schwebenden Phahlgruendungen, *Die Bautechnik*, 1936, Maio, pág. 257.

EVANS, HOWARD (1941), Discussão do artigo «Pile Driving Formulas», *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, 1941, Novembro, pág. 1785.

EVANS e LITTLE (1944), Stresses in Docks, *Jour. Inst. Civ. Eng.*, 1944, Dezembro, pág. 75.

EVERHAM, H. C. (1931), When to use piling, *Civil Eng.*, 1931, Janeiro, pág. 304.

FABBRI, D. (1937), Sulle formule di portata dei pali, *Técnica Italiana*, 1937, Abril.

FAIVRE (1936), Exécution des pieux moulés dans le sol par forage ou «décarottage», *Le Génie Civil*, 1936, Junho 13, pág. 556.

FEAGING, LAWRENCE (1935), Lateral Pile-Loading Tests, *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, 1935, N.º 9, págs. 1335-1353.

FOERSTER, M. (1930), Manual del Ingeniero y del Arquiteto, Bilbau, Espasa-Calpe, edição espanhola.

FORSSELL (1926), Knicksicherheit von Pfaehlen und Pfahlgruppen, *Kgl. Strassen u. Wasserbauzeitschrift*, 1926, N.º 10.

FOX, E. N. (1932), Stress Phenomena Ocurring in Pile Driving, *Engineering*, Vol. 134, pág. 263.

FREUND (1929), Probebelastung hoelzerner Rammpfaehle, *Zentralblatt der Bauverwaltung*, 1929, pág. 218.

GARDE-HANSE, D. (1944), The Design of Piled Structures, *The Dock and Harbour Authority*, 1944, Maio, pág. 17.

GILBERT (1932), Les pieux en beton moulés dans le sol, *La Technique des Travaux*, 1932, Maio.

GLANVILLE, GRIME, FOX, DAVIS (1938), An Investigation of the Stresses in Reinforced Concrete Piles During Driving, *Great Britain Scientific and Industrial Research Dep.*, Tech. Paper, N.º 20, Londres, Building Research Board.
Resumo no Jour. Inst. Civ. Eng., 1935-36, Vol. 1, pág. 150.
Nesta revista, 1935-36, Vol. 2, pág. 587, foram dadas novas indicações, fornecidas pela mesma entidade.

GOEMANS (1936), Les pieux battus dans l'eau, *La Technique des Travaux*, 1936, N.º 2.

GOODRICH, E. P. (1902), The Supporting Power of Piles, *Transactions Am. Soc. Civ. Eng.*, Vol. 48.

GRANHOLM, H. (1929), *On the Elastic Stability of Piles Surrounded by a Supporting Medium*, Ingeniers Vetenskaps Akad. Hand. 69, Estocolmo, Svenska Bokhandelscentralen.

GREGORY, JOHN H. (1933), Holding Down Power of Concrete Piles, *Civil Eng.*, 1933, Fevereiro.

GROVE (1935), Discussão na sessão de 12 de Novembro, *Jour. Inst. Civ. Eng.*, 1935-36, Vol. 1935-36, pág. 210.

GRUEN, RICHARD (1934), Neuzeitliche Betonpfahlgruendung, *Zeitschrift VDI*, 1934, N.º 22, pág. 663.

—— (1937), *Der Beton*, Berlim, Julius Springer, 2.ª edição.

GRUNDEY (1940), Gruendungen mit Franki-Verbundpfaehlen, *Zement*, 1940, N.º 35, pág. 448.

GUIDI, CARLO CESTELLI (1942), *Meccanica dei Terreni e Stabilità della Fondazioni*, Milão, Hoepli.

HALCROW (1935), Caderno N.º 110 do XVI Congresso de Navegação, Bruxelas.

HANSEN, V. E F. N. KNEAS (1942), Static Load Tests for Bearing Piles, *Surveyor*, 1942, Dezembro, 25, pág. 443.

HAUWAERT, P. VAN (1935), Les pieux de grande longueur, *Technique des Travaux*, 1935, N.º 9.

HEGE (1934), Ueber die Tragfaehigkeit von Bohrpfaehlen, *Die Bautechnik*, 1934, N.º 1.

HILEY, A. (1930), Driving Calculations with Notes on Driving Forces and Ground Resistance, *The Structural Engineer*, 1930, Julho e Agosto, págs. 246 e 278.

HETZELL E WEDEKIND (1929), Hamburg Haufenbauten auf Waltershof, *Die Bautechnik*, 1929, Novembro 19, pág. 761.

HOOL, GEORG E W. S. KINNE (1943), *Foundations, Abutments and Footings*, Nova York, Mac Graw-Hill Book Comp., 2.ª edição.

HORCH, OTTO (1932), Ueber waldrechtes Rammen von Holzpfaehlen, *Der Bauingenieur*, 1932, pág. 387.

HUETTE, ACADEMIA (1940), *Manual del Ingeniero*, III Tomo, Barcelona, Gili, 2.ª edição, versão espanhola.

IMMERMANN, HARRY T. (1936), Concret-Filled Steel Cylinders for Foundations, *Proc. Inst. Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 1936, Vol. II.

JACOBY, HENRY S. E ROLAND P. DAVIS (1941), *Foundations of Bridges and Buildings*, Nova York, 1941, Mac Graw-Hill Book Comp., 3.ª edição.

JACOBY (1941), Grundsaetzliches ueber die Berechnung von Spundwaenden, *Die Bautechnik*, 1941, Fevereiro 21, pág. 89.

KANN, M. (1939), Les essais des charges perfectionnés et la prévision des tassements sous une fondation, *La Technique des Travaux*, 1939, Agosto.

KERISEL, SCHUERON (1939), La force portante des pieux, *Ann. des Ponts et Chaussées*, 1939, Maio, pág. 579.

KETCHUN, MILLE S. (1941), Structural Engineer's Handbook, Nova York, 1941, Mac Graw-Hill Book Comp., 3.ª edição.

KICHNE (1942), Der Schraubenrammpfahl, *Die Bautechnik*, 1942, pág. 191.

KIRGIS, LUDWIG (1943), *Tiefbau-Taschenbuch*, Stuttgart, 1943, Franck, 6.ª edição.

KOCH (1935), Verwendung von Pressbeton-Bohrpfaehlen bei Hilfstragwerken, *Die Bautechnik*, 1935, N.º 22.

KOGLER E A. SCHEIDIG (1939), *Baugrund und Bauwerk*, Berlim, Wilhelm Ernst, 2.ª edição.

KOLLBRUNNER, C. F. (1938), *Beton-Borh-Pfaehle*, Publicação N.º 1 da Privat-Gesellschaft fuer Bodenforschung und Erdbaumechanik, Zurique, Leemann & C.

KOLLBRUNNER E LANGER (1939), *Probebelastungen und Probebohrungen*, Publicação N.º 2 da Privatgellschaft fuer Bodenforchung und Erdbaumechanik, Zurique, Leemann & C.

KOMAROWSKI (1930), Zur Frage der Tragfaehigkeit hoelzener Rammpfaehle, *Ztrlbl. d. Bauw.*, 1930, N.º 35.

KUNZEL (1935), Statisch klare Pfahlgruendungen, *Bauwelt*, 1935, N.º 31.

KREY (1936), *Erddruck, Erdwiderstand*, Berlim, 1936, Wilhelm Ernst, 5.ª edição.

KRYNINE (1941), *Soil Mechanics*, Nova York, Mac Graw-Hill Comp.

KUBALL (1931), Ein Beitrag zur praktischen Baugrundforschung bezueglich der Tragfaehigkeit gebohrter Pfaehle, *Der Bauingenieur*, 1931, N.º 32 e 33.

LABUTIN, A. (1933), *Die Graphische Berechnung von Pfahlrosten fuer Kaimauern*, Riga, 1933.

LACOMBE, M. (1936), L'auscultation des pieux en béton armé, *Le Génie Civil*, 1936, Setembro 26, pág. 263-265.

LAMP (1930), Die Eisenspundwand Hoesch DRP, *Die Bautechnik*, 1930, pág. 578.

LANG (1927), Bodenuntersuchungen, besonders fuer Rammarbeiten, *Der Bauingenieur*, 1927, N.º 10.

— (1934), Der «Stumpfpfahl» DRP 535165 ein neuer Rammpfahl, *Ztrlbl. des Bauw.*, 1934, N.º 21.

— (1935), Rammpfaehle mit nachtraeglicher Bodenverfestigung, *Beton und Eisen*, 1935, pág. 25.

LIDICKER (1940), Pile Bearing Encreased by Close Driving, *Eng. New Record*, 1940, Agosto 1.

LITTLE E EVANS (1944), Stresses in Docks, *Jour. Inst. of Civil Eng.*, 1944, Dezembro, pág. 75.

LOBATO, LUÍS DE GUIMARÃES (1937), Obras de ampliação do pôrto do Lobito, *Técnica*, 1937. Fevereiro.

LOHMEYER (1930), Die Berechnung verankerter Bohlwaend, *Die Baut chnik*, 1930, N.º 5.

LOOS (1932), *Kritische Betrachtung von Flach-und Pfahlgruendungen, besonders in den Hafenplaetzen Niederlaendisch-Indiens*, Publicação N.º 3 da Degebo, Berlim, 1932, Julius Springer.

— (1934) Pfahlgruendungen von Kunstbauten, *Strasse*, 1934, N.º 6.

— (1936), Darf bei Pfahlgruendungen die die Pfaehle verbindende Grundplatte als teilweise mittragend in Rechnung gestellt werden? *Ztrlbl. d. Bauw.*, 1936, N.º 42.

— (1937), *Praktische Anwendung der Baugrunduntersuchungen*, Berlim, 1937, Julius Springer, 3.ª edição.

LOOS E BRETH (1937), Bericht ueber die Nachpruefung der Verdichtungswirkung von Explosionsrammen auf bindingem Boden, *Strasse*, 1937, N.º 12.

LOSSIER (1929), La valeur des formules de battage des pieux en béton armé, *Le Génie Civil*, 1929, pág. 28.

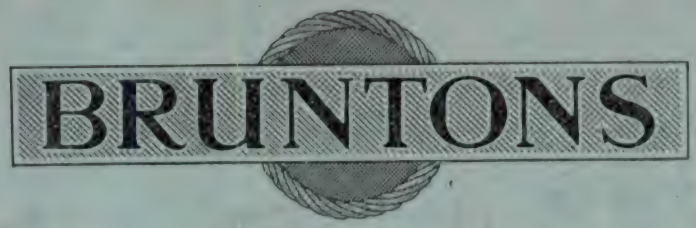
— (1931), Influence de la forme sur la resistance des pieux flottants dans les terrains incompressibles ou décompressibles, *Le Génie Civil*, 1931, Setembro, pág. 258.

LUETKENS (1930), Berechnung von Spundwaenden, *Der Bauingenieur*, 1930, N.ºs 3 e 25.

MARNITZ (1942), Hochdruck-Pfahlspuelung, *Die Bautechnik*, 1942, pág. 325.

MARTINET, M. (1938), Le contrôle du battage des pieux en béton armé et de leur fabrication, *Travaux*, 1938, Junho, pág. 271.

CABOS DE AÇO



DE TODAS AS QUALIDADES, PARA TODAS AS APLICAÇÕES NO MAR E EM TERRA

ARAME E CABOS DE AÇO INOXIDÁVEL

Aceitam-se encomendas — Entregas rápidas

C. SANTOS, LDA.

29-AVENIDA DA LIBERDADE-41-LISBOA

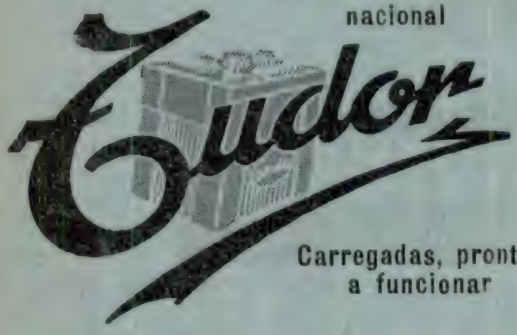
E. T. P.

Baterias para Automóveis

Camions, Barcos, Aerodinamos, Etc.

A MARCA DE FAMA MUNDIAL

Indústria inteiramente nacional



Carregadas, prontas a funcionar

6 Volts 90 AH. — Esc. 650$00
6 Volts 100/110 AH. — Esc. 700$00

E MUITOS OUTROS TIPOS

Fabricadas e distribuídas pela:

Sociedade Portuguesa do Acumulador Tudor

ESCRITORIOS: Avenida Fontes Pereira de Melo, 12
LISBOA — Telefones 51917/8

VENDAS: Rua do Alecrim, 99—LISBOA—Telefone 20825

PILHAS SÊCAS ELÉCTRICAS

PARA LANTERNAS, SINALIZAÇÃO, TELEFONES, RÁDIO, APARELHOS DE SURDEZ, ETC.

Fabricadas e distribuídas pela:

Sociedade Portuguesa do Acumulador Tudor

ESCRITORIOS: Avenida Fontes Pereira de Melo, 12
LISBOA — Telefones 51917/8

VENDAS: Rua do Alecrim, 99—LISBOA—Telefone 20825

Distribuidores no Norte

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS, F.ºs

Rua de Santo António, 137 — PORTO

FÁBRICA PORTUGAL

PRAÇA DOS RESTAURADORES, 49-57 - TEL. 24948

MAST (1930), Schwebende Pfahlgruendungen, *Der Bauingenieur*, 1930, N.º 23.

MASTERS (1941), Timber Friction Pile Foundations, *Proceedings of Am. Soc. of Civil Eng.*, 1941, Novembro, pág. 1657.

MAYER (1939), *Sols et Fondations*, Paris, 1939, Armand Colin,

MELICK, NEAL A. (1932), Cast-in-Place Concrete Pile Work in Quaking Clay, *Engineering News-Record*, 1932, Julho, 7.

MEYER-PETER, DR. E. (1938), Pfahlgruendungen, *Hoch-und Tiefbau*, Zurique, 1938, N.os 35-36.

MILLER, R. M. (1938), Soil Reactions in Relation to Foundation Piles, *Trans. Am. Soc. Civil Eng.*, Vol. 103, pág. 1236.

MOURA, HORÁCIO DE (1941), Fundações sôbre estacaria, *Técnica*, 1941, Fevereiro.

MORGAN (1944), The Desing of Wharves on soft Ground, *Jour. Inst. Civ. Eng.*, 1944, Março, pág. 5.

MORRISON (1939), The Fundamentals of Pile Foundations, *Enginneering*, 1939, Outubro, pág. 431.

NICHOLSON (1928), *Pile Formulas*, Inst. Civ. Eng., Selected Engineering Papers, N.º 62, Londres.

NOË E TROCH (1920), *Pieux et Sonnettes*, Paris, Gauthier-Villars.

NOKKENTVED (1928), *Berechnung von Pfahlrosten*, Berlim, W. Ernst.

PADUART (1943), Considerações acêrca do cálculo de fundações sôbre estacas verticais e inclinadas, *Ann. Trav. Publ. de Belgique*, 1943, Junho. Referência no *Boletim da Ordem dos Engenheiros*, 1944, Julho e Agosto.

PAUBSEN, E. (1934), Ramm-und Belastungsversuche mit verschiedenen Pfahlarten aus Eisen und Eisenbeton mit eisernen Spundbohlen, *Die Bautechnik*, 1934, pág. 429.

PEARSON-STANLEY (1941-42), Pile Driving without a Pile Frame, *Jour. Inst. Civ. Eng.*, 1941-42, Vol. 18, pág. 93.

PEIN (1929), Dueckdalben als Anlegewerke fuer grosse Schiffe in durch Bohrwurm gefaehrdeten Hafenanlagen, *Die Bautechnick*, 1929, Fevereiro 8, pág. 80.

PETERSON, KNUT (1935), Caderno N.º 113 do XVI Congresso de Navegação, Bruxelas.

PIGEAUD (1942), Formules de battage des pieux, *Le Génie Civil*, 1942, pág. 208-210.

PIMM, G. B. R. (1938), Recent Developments in Deep Testing, *The Structural Eng.*, 1938, Julho.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1940), *Concrete Piles*.

PRESS, H. (1931), Probebelastungen von Bohrpfaehlen, *Ztrlbl. des Bauw.*, 1931, N.º 32.

— (1933), Einige Probebelastungen von Eisenbeton-Ramm und Bohrpfaehlen, Der Bauingenieur, 1933, Setembro 15, pág. 476.

— (1933), Die Tragfaehigkeit von Pfahlgruppen in Beziehung zu der des Einzelpfahles, *Die Bautechnik*, 1933, pág. 625.

— (1934), Belastungsversuche an Rammpfaehlen verschiedener Groesse und Form, *Die Bautechnik*, 1934, N. 32.

— (1942), Schaeden an Bauwerken infolge Grundwasserstandsveraenderungen, *Bautenschutz*, 1942, N.º 10.

RAMSPECK (1937), Bodenverfestigund durch Schwingungsruettler, *Die Bautechnik*, 1937, N.º 17.

RELTON, F. E. (1936), The Stress Distribuition around a Pile, *Proc. Intern. Conf. Soil Mechanics*, 1936, Vol. I, Paper E-2.

RIEDIG (1930), Explosions-Schlagwerkzeuge, *Die Bautechnik*, 1930, Julho 11, pág. 473.

RIFAAT, J. (1935), *Die Spundwand als Erddruckproblem, Mitt. Inst. Baustatik an der Eidgen. Techn. Hochschule*, Zurique.

RIMALDI, O. (1945), Verificacion de tenciones por manipulo de los pilotes premoldeados de hormigon armado, *Ciencia y Tecnica*, 1945, N.º 518, pág. 154.

ROCH, F. (1926), Die Holzschaedlinge der Meerkuesten und ihre Bekaempfung, *Zeit. V. D. I.*, 1926, Vol. 70, pág. 89-96.

SANTARELLA (1936), *La tecnica delle fondazioni*, Milão, Hoepli.

SARRAZIN E GEORGES (1933), Proberammung und Probebelastung von Holzpfaehlen beim Bau der Flutbruecken im Schwed-Niederkranigen Oderdamm, *Die Bautechnik*, 1933, N.º 7.

SCHAPER (1924), Bau der Lindingobruecke bei Stockholm. Série de artigos da revista *Die Bautechnik*, 1924-25.

SCHEIDIG E KOGLER (1941), *Baugrund und Bauwerk*, Berlim, 1941, Wilhelm Ernst, 3.ª edição.

SCHENK, WOLFRAM (1938), Zur Frage der Trag-

faehigkeit von Rammpfaehlen, *Die Bautechnik,* 1938, Dezembro, 16, págs. 731-753.

SCHNEIDER (1938), Das Ruetteldruckverfahren und seine Anwendung im Erd-und Betonbau, *Beton u. Eisen,* 1938, Janeiro, 5, pág. 1.

SCHUETTE (1940), Theorie des Haftpfahles, *Bauingenieur,* 1940, N.º 27, pág. 219.

SCHULTZE, JOACHIM (1926), Pfahlrostberechnung, *Ztrlbl. Bauverw.,* 1926, pág. 469.

SCHMIDT, RICHARD (1942), Tafeln fuer die Berechnung von Spundwaenden, *Die Bautechnik,* 1942, pág. 90.

SMITH, AARON J. (1932), Rotary Drill Bores Holes for Timber Piles in Clay, *Engineering News-Record,* 1932, Agosto, 4.

SNITH, GOESTA E A. G. PAUL POLEN (1936), Ciment à l'arsénic, *Bulletin de l'Ass. Int. Perm. des Congrès de Navigation,* 1936, N.º 21, pág. 91.

STERN (1908), *Das Problem der Pfahlbelastung,* Berlim, 1908, Wilhelm Ernst.

STOY, W. (1941), *Der Holzbau,* Berlim, 1941, Springer, 2.ª edição.

SWIGER, W. F. (1941), Foundation tests for Los Angeles steam plant, *Civ. Eng.,* 1941, Dezembro, Vol. 11, pág. 71.

TELLEGEN (1934), Gewapend beton paalfundeeringen voor zware belastingen, *Ingenieur,* Haia, 1934, N.º 40, pág. 79.

TERZAGHI, KARL V. (1925), *Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage,* Leipzig.

— (1927), The Science of Foundations-its Present and Future, *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.,* 1927, Novembro, 27, pág. 2263.

— (1929), Settlements of Buildings due to progressive consolidation of individual strata, *Jour. of. Mathem. and Phys.,* 1929, Vol. III.

— (1930), Die Tragfaehigkeit von Pfahlgruendungen, *Die Bautechnik,* 1930, Junho, 18, pág. 475.

— (1939-a), The Science of Foundations-its Present and Future, *Trans. Am, Soc. of Civ. Eng.,* 1939, Vol. 93, pág. 270.

— (1939-b), Uso y abuso de los Pilotes, *Irrigación en Mexico,* 1939, Março e Abril.

— (1943), *Theoretical Soil Mechanics,* Nova York, John Wiley.

TITZE, E. (1936), Anwendung von Pfahlbrocken zur Abstuetzung bestehender Bauwerk, *Die Bautechnik,* 1936, Outubro, 23, págs. 676-679.

— (1938), Unterfangung bestehender Bauwerke mittels Bohrpfaehlen, *Beton u. Eisen,* 1938, Novembro, 20, págs. 353-360.

UPSON, MAXWELL M. (?) Concrete Piles and Piling Construction, *Proc. Eng. Soc. Western Pensylvania,* Vol. 40.

— (1937), Recent Developments in Pile Foundations, *Jour. Am. Concrete Inst.,* 1937, Maio e Junho.

VERSCHAVE (1941), Calcul graphique de la répartition des charges d'une fondation sur pieux, *Ann. Trav. Publ. de Belgique,* 1941, Dezembro, pág. 755-763.

VETTER, C. P. (1938), Design of Pile Foundations, *Proc. Ann. Soc. Civ. Eng.,* Fevereiro, Vol. 64.

WATSON, JOHN D. (1941), Discussão do artigo «Pille Driving Formulas», *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.,* 1941, Setembro.

WEGENSTEIN (1933), Einwandfreie Bodenaufschluesse durch die Bohrpfahlsondierung, *Schweiz. Bautzg.,* 1933, N.º 22.

WEST, OSCAR J. (1928), Cored-Out Pipe Piles Used in Sticky Clay, *Engeneering News--Record,* 1928, Novembro 29.

WRIGHT, G. W. C. (1942), Under Watter Cutting by Explosive Methods of Timber Piles, *Civ. Eng.,* Londres, 1942, Novembro, pág. 238.

WUNSCH (1927), *Statische Berechnung der Pfahl-Systeme,* Stuttgart, 1927, Konrad Wittwer.

ZIMMERMANN (1915), *Die Rammwirkung im Erdreich, Versuch auf neuer Grundlage,* Berlim, 1915, W. Ernst & Sohn.

SEM INDICAÇÃO DE AUTOR (1936-a), Specification for Concrete Pile-Driving, *Inst. of Structural Eng.,* Londres, 1936.

— (1936-b), Exécution des pieux Franki par «décarottage», *La Technique des Travaux,* 1936, Dezembro, pág. 667-671.

— (1937-a), Pont de la Macta. Chemins de fer algériens. Reprise en sous-oeuvre et consolidations par les «procédés Rodio», *Chantier,* 1937, Fevereiro, pág. 100-106.

— (1937-b), Les fondations d'un bâtiment de stockage de vin et d'alcool à Stockholm, *La Technique des Travaux,* 1937, Maio, pág. 257-260.

— (1937-c), Pile Driving in Debris Fill, *Eng. News Record,* 1937, Dezembro 30, pág. 1045-1049.

— (1937-d), L'emploi des palplanches Lackawanna dans les batardeaux en tracé cellulaire ou gabionné, *Travaux*, 1937, pág. 556.
— (1939), Les bâtardeaux à double parois en palplanches métaliques, *Travaux*, 1939, Abril pág. 173-174.
— (1940-a), Exécution de fondation au Brésil au moyen de pieux Franky mixte, *La Technique des Travaux*, 1940, Janeiro, pág. 20-24.
— (1940-b), Ponton métallique pour sonnette de battage, Ossature métallique, 1940, Janeiro, pág. 48.
— (1940-c), Pieux vibrés en béton moulé dans le sol, du type «Vibro», *Le Génie Civil*, 1940, Vol. I, N.º 19, pág. 313.
— (1940-d), Watertight Concrete Pontoons for Lake Washington Bridge, *Eng. News Record*, 1940, Fevereiro 1, pág. 50.
— (1940-e), Teredo cause collapse of Temporary Trestle, *Eng. News Record*, 1940, Fevereiro 1, pág. 51.

Tratamento de minerais em mesas oscilantes

PELO ENG.º DE MINAS (U. P.) ALBERTO CERVEIRA

Assistente da Faculdade de Engenharia do Porto

C. D. 622.769

I — O movimento do taboleiro da mesa e o deslocamento das partículas minerais

Sob o título de «A estratificação das partículas minerais nas mesas oscilantes de preparação de minérios» estudamos, no n.º 159 desta mesma revista, o fenómeno da *estratificação vertical*. Da interpretação deste fenómeno, na qual se fez intervir a *classificação em movimento vibratório* ou *queda embaraçada* («crowded settling») como acção principal da estratificação e lavagem, resultou que pudessem ser tiradas conclusões relativas às condições ideais de trabalho das referidas mesas de concentração, como fornecer ainda certos dados para a sua construção.

Visando-se uma mais clara análise da estratificação vertical operada entre os canais formados pelos «riffles», foi estabelecido que tal estratificação se operava (1) sobre um plano horizontal com movimento rectilíneo e alternado mas *não diferencial* — condições para a aplicação completa das leis de F. Dyer (2). Nestas condições, não se observaria o caminhamento longitudinal das partículas minerais sobre o taboleiro da mesa de concentração, mantendo-se elas num estado de vibração do qual resultava sòmente, de acordo com as leis de F. Dyer, uma estratificação do leito de partículas no sentido vertical.

Ora, como um dos factores principais da *concentração* operada nas mesas oscilantes se baseia no caminhamento longitudinal das partículas minerais conjugado com a acção da água de arrastamento transversal — o que assegura a continuidade de evacuação dos produtos e a sua separação —, resulta que, o problema, tal qual foi apresentado, não foi completamente estudado.

Embora de um modo um tanto impreciso, poderemos dizer que, para se obter o caminhamento longitudinal dos grãos minerais sobre a superfície do taboleiro das mesas de concentração, são estas animadas de um movimento alternativo de modo que, no período de avanço, ou seja naquele em que se pretende obter o transporte, os grãos minerais acompanham o movimento do taboleiro enquanto que, no período de retorno, sob o efeito da força de inércia, eles continuam a mover-se no mesmo sentido até que a sua energia cinética iguale o trabalho de atrito. Este movimento alternativo de que a superfície horizontalizada do taboleiro da mesa está animada pode ou não ser realizado no próprio plano da superfície do taboleiro; resultando daí com base neste critério, uma divisão das mesas de concentração.

Passemos agora a considerar ùnicamente o primeiro tipo destes movimentos, visto pretendermos retomar este assunto.

Para uma melhor compreensão dos fenómenos que vamos expor, suponhamos tratar-se duma mesa vibrante de tipo igual ao indicado na fig. 1 e na qual (3) o taboleiro T, assente sobre os roletes r, é animado dum movimento plano e alternado que lhe é fornecido pelo excêntrico e que gira com movimento uniforme de rotação de encontro à peça p. A mola m, de tensão regulável, tende a encostar fortemente a peça p de encontro ao excêntrico e a provocar o deslocamento do taboleiro no sentido d_2, que é inverso do sentido do movimento de avanço d_1 fornecido pelo excêntrico.

Pelos dispositivos mecânicos adoptados neste tipo de mesas vê-se que, no final do movimento de avanço, a mola, que durante ele tinha vindo a ser comprimida, tende a levar ràpidamente o taboleiro à posição inicial, deslocando-se no sentido d_2. Devido a esta enérgica acção, os grãos minerais situados sobre o taboleiro mover-se-ão neste sentido até que a sua energia cinética neutralize o trabalho de atrito.

Tratando-se do movimento de grãos minerais sobre um plano horizontal animado de movimento rectilíneo e alternativo, é da *assimetria* (4) — *diferenciação* — da aceleração dos movimentos de avanço e recuo que resulta o caminhamento intermitente e longitudinal das partículas situadas sobre esse plano.

Supondo uma partícula mineral (4) colocada sobre um plano horizontal que se desloca no vácuo com um movimento horizontal, ela encontra-se submetida à acção de duas forças directamente opostas: uma devida à aceleração do movimento do plano em que a partícula se apoia — $m \frac{dv}{dt}$ — (em que m representa a massa da partícula e $\frac{dv}{dt}$ a aceleração) e outra devido à força de atrito entre a partícula e a referida superfície.

Se φ representar o coeficiente de atrito e g a aceleração da gravidade, a partícula deslocar-se-á sobre esta superfície se

$$\frac{dv}{dg} > g\,\varphi\,. \qquad \text{(I)}$$

É de concluir que, se o movimento de que a superfície horizontal do taboleiro da mesa se encontra animada for um movimento horizontal rectilíneo no qual a aceleração muda de sinal duas vezes por período, dois casos teremos ainda a considerar consoante a aceleração desse movimento alternativo (4) for *simétrica* ou *assimétrica* (diferencial).

No caso de a aceleração ser simétrica, a partícula pode ou não mover-se sobre a superfície da mesa consoante, os valores máximos da aceleração do movimento e o coeficiente de atrito satisfazem ou não à desigualdade (I). Para estas condições, no caso de haver movimento da partícula mineral sobre a superfície da mesa, não se observará ainda o seu caminhamento intermitente e longitudinal, visto o caminho por ela percorrido no período de recuo ser igual ao andado no período de avanço, resultando que no fim de cada ciclo o grão mineral se encontrará no mesmo ponto. (Foi este o caso considerado no nosso anterior artigo (1).

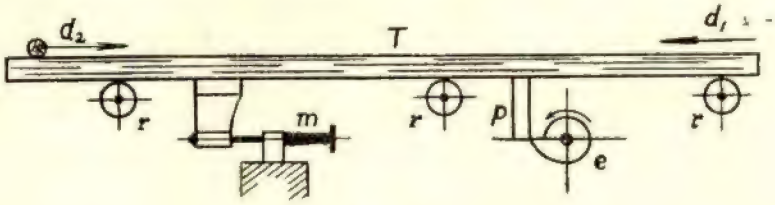


Fig. 1

Quando o taboleiro da mesa se encontrar animado de movimento *diferencial,* conforme os casos, pode ou não haver movimento da partícula sobre a superfície da mesa $\left(\frac{dv}{dt} < g\,\varphi\right)$, pode ela sòmente mover-se num dos sentidos (quando o valor da aceleração exceder $g\,\varphi$ sòmente num dos sentidos) ou, pode ela mover-se em ambos os sentidos mas, então, a velocidades diferentes.

Portanto, sempre que uma partícula se mova em relação à superfície da mesa de concentração que a suporta e esta se encontra animada dum movimento rectilíneo horizontal e alternado e *diferencial,* (assimético), existe um caminhamento dessa partícula visto ela, no fim de cada ciclo, ir ocupar uma posição diferente da inicial.

Compreende-se assim a razão da necessidade de se dotarem as mesas de preparação de minérios dum movimento diferencial a fim de se obter o andamento longitudinal dos grãos minerais.

Se os movimentos admitidos para o taboleiro da mesa se não realizarem no vácuo, mas sim num fluído ideal não viscoso, a condição de movimento das partículas minerais torna-se (4)

$$m \frac{dv}{dt} > (m - m') \, g \, \varphi \qquad \text{(II)}$$

em que m' representa a massa do fluído deslocado pelo grão mineral. Esta desigualdade mostra que dois grãos de diferente densidade mas de iguais coeficientes de atrito, o grão mais leve principiará a mover-se sobre a superfície, para menores valores de aceleração do movimento desta, que os grãos mais pesados.

Considerando R a resistência ao movimento oposta por um fluído viscoso, (4) teriamos

$$m \frac{dv}{dt} > (m - m') \, g \, \varphi + R \qquad \text{(III)}$$

como condição geral do movimento das partículas minerais sobre as superfícies móveis em que se apoiam.

Contràriamente ao que se conclue da condição (I), em que se vê que o andamento dos grãos minerais não depende nem dos seus diâmetros nem dos pesos específicos, no caso (II) já o caminhamento dos grãos não é independente dos seus pesos específicos para, no caso (III), ele depender simultâneamente do diâmetro e peso específico. Mas, vê-se ainda que para os casos (II) e (III) se exige um menor valor da aceleração para causar o movimento dos grãos que para o caso (I).

II — Deslocamento longitudinal e transversal dos leitos de partículas sobre o taboleiro da mesa

Entre os canais formados pelos «riffles» opera-se, numa polpa formada de partículas minerais de densidades e diâmetros diferentes e sob o efeito do movimento vibratório de que o taboleiro da mesa está animado, uma classificação dessas partículas traduzida pelas leis da *queda perturbada* («crowded settling») ou em *movimento vibratório* («consolidation trickling» segundo Gaudin).

Segundo tal classificação, as partículas associam-se de tal modo que, as de menor diâmetro e mais densas, ocupam o leito inferior ao qual se sobrepõem as de maior diâmetro e da mesma espécie mineral. Estes leitos suportarão idênticos leitos formados pelas partículas menos densas, existindo ainda, intermediàriamente, um arranjo em que as partículas de maior diâmetro do minério mais pesado têm os espaços existentes entre elas preenchidos por finas partículas do minério leve.

Operada a distribuição anteriormente descrita, os diferentes leitos, sob a acção dos impulsos, passam a mover-se uns sobre os outros com velocidades diferentes e que estão em relação com a massa de inércia das partículas de cada um dos leitos e com a distância a que cada um deles se encontra da superfície da mesa.

Efectivamente, consoante H. Bouasse (5), a velocidade máxima para um dado leito decresce muito ràpidamente com a distância à superfície da mesa; como pode ser visto na fig. 2 aplicada a duas espécies minerais e três tipos de diâmetros de partículas (4).

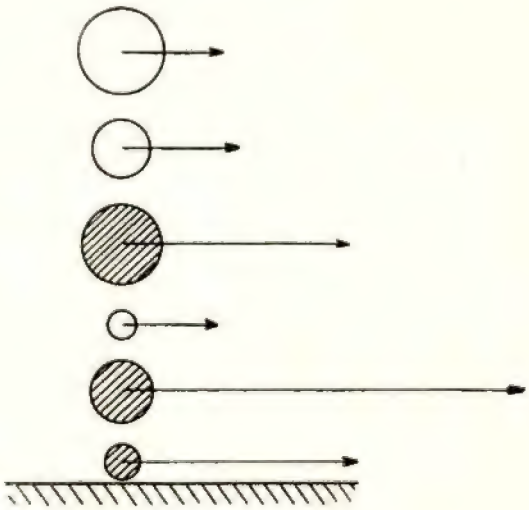


Fig. 2

Devido à degradação da velocidade entre os leitos de partículas. observa-se que as finas partículas do material mais pesado

caminham mais ràpidamente para a zona de descarga da mesa que as grandes partículas de material leve. Estas, já por constituírem os leitos superiores, já por permanecerem mais tempo sobre a mesa antes de serem evacuadas, são, sob a acção do arrastamento transversal da toalha de água distribuída pelo clarinete, arrastadas e deslocadas para a parte inferior da mesa.

As partículas mais leves e de maiores diâmetros são assim submetidas a uma mais intensa acção da lavagem que as finas e pesadas partículas assentes no fundo dos canais.

O movimento vibratório diferencial de que as mesas estão animadas, além de promover uma maior mobilidade das partículas, a sua estratificação e caminhamento, tende a *mover os leitos inferiores de partículas em relação aos superiores.*

À medida que tal caminhamento longitudinal se vai operando, as partículas dos leitos superiores, sob a acção da água de arrastamento transversal, vão passando, sucessivamente, para os canais formados pelos «riffles» contíguos e inferiores.

Pela combinação dos impulsos longitudinais e arrastamento transversal, as partículas tendem a dispor-se diagonalmente sobre a superfície da mesa em bandas ou zonas constituídas por produtos de idêntica composição granulométrica e densidade.

Do exposto resulta uma clara interpretação dos seguintes factos correntes (6) na prática das operações de concentração em mesas oscilantes:

1.º) Ao ser tratada numa mesa oscilante, uma polpa formada de partículas de diferentes diâmetros mas de igual densidade, as mais finas tendem a distanciar-se das de maior diâmetro, constituindo a zona mais elevada.

2.º) Se a polpa for formada de partículas de diâmetro e de densidades diferentes, mas em que as mais pequenas são de mais elevado peso específico, quanto mais pequenas forem, a maior distância se irão colocar das partículas grandes e leves, indo ocupar uma disposição consoante se vê na fig. 3.

3.º) Partículas com diferentes diâmetros e pesos específicos mas em que as de maior diâmetro têm maior densidade, não mostrarão uma vincada tendência à separação, seguindo trajectórias similares.

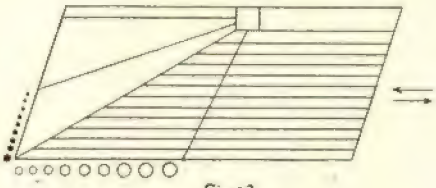


Fig. 3

4.º) Partículas de iguais diâmetros mas de diferentes densidades tendem a tomar diferentes trajectórias sôbre o taboleiro mas ùnicamente sob a influência do factor densidade (fig. 4).

Os factos apontados levam a concluir da necessidade duma prévia classificação dos produtos em *queda perturbada* para

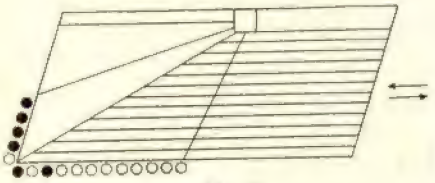


Fig. 4

que se possa obter uma individualização em zonas ou bandas.

Dum modo geral, não se torna pois possível uma perfeita separação desde que as partículas não apresentem variações individuais na forma, tamanho, peso específico e coeficiente de atrito.

CONCLUSÕES

Após a interpretação conjugada do fenómeno da estratificação vertical e do movimento dos leitos das partículas minerais a separar, torna-se possível tirar mais algumas conclusões das referidas no artigo anterior (1) ou completar certas delas.

a) Para uma dada mesa de concentração e uma dada polpa, quanto mais rápido se fizer o avanço longitudinal das partículas

minerais, maior é a capacidade da mesa e menor a sua selectividade. Devem pois ser escolhidas as características do movimento oscilatório de que o taboleiro da mesa está animado de acordo com a natureza mineralógica e características granulométricas do produto a tratar (1) e de modo a conseguir a maior capacidade compatível com o grau de separação e recuperação desejado. (Este assunto virá a ser retomado).

Assim, adoptaremos grandes impulsos para polpas formadas de espécies minerais fàcilmente separáveis (grande diferença nos pesos específicos) e constituídas por grãos em que não entrem partículas finas, procedendo inversamente no caso contrário e, regulando tais valores para os casos intermediários.

Compreende-se assim a lei empírica que diz que quanto maiores forem as densidades e dimensões dos grãos a separar, maior deve ser o curso do movimento vibratório e menor a sua frequência, observando-se o inverso para partículas de densidades e diâmetros cada vez menores.

Falando de um modo geral, podemos dizer que (4) numa *operação de desengrossamento* («roughing operation») se pode dar à mesa uma maior alimentação e regulá-la com um mais longo curso, maior quantidade de água de arrastamento e maior inclinação do taboleiro que numa *operação de apuramento* («cleaner operation»). Tratando-se duma alimentação formada por grossas partículas, deve a mesa ser ajustada de modo a possuir uma maior alimentação, maior espessura da toalha de água de arrastamento, maior inclinação do taboleiro, um mais longo curso e mais lento movimento vibratório que no caso de se estar a operar com uma polpa formada por finas partículas.

b) Quanto maior for a diferença nas velocidades longitudinais (horizontais) entre minerais de densidades diferentes, mais selectiva é a operação.

c) Uma classificação, em *queda perturbada*, da polpa de alimentação deve preceder o seu tratamento nas mesas oscilantes. Esta exigência torna-se de fácil compreensão conhecendo o modo como se opera a estratificação vertical e como actuam, nas diferentes classes minerais e classes dimensionais, as acções de que resulta a separação final.

d) Deve proceder-se (7) a um desenlameamento da polpa a fim de evitar perdas nos finos do mineral pesado. De facto, uma polpa contendo lamas (mesmo do material leve) devido à sua mobilidade, fornecida pela agitação, constitue uma solução adensada que tende a promover o não afundamento das partículas finas úteis.

Bibliografia

1 — Alberto Cerveira: *A estratificação das partículas minerais nas mesas oscilantes de preparação de minérios* (Técnica, n.º 159, 1945).

2 — Frederick Dier: *The scope for Reverse Classication by Crowded settling in ore-dressing pratice* (1929).

3 — J. Finkey: *The Scientific Fundamentals of gravity Concentration* (1930).

4 — A. M. Gaudin: *Principles of mineral dressing* (1939).

5 — H. Bouasse: *Mécanique Physique* (1912).

6 — W. Fahrenwald: *Hidraulic Classification* (1924).

7 — A Taggart: *Handbook of Mineral Dressing* (1944).

O Problema da Implantação das Obras de Abrigo dos Portos[1]

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) CARLOS KRUS ABECASIS

(Conclusão)

627.6

Apliquemos ao caso concreto representado na fig. 8 o processo que se expoz para estudo da propagação de uma vaga sujeita ao fenómeno da dupla expansão lateral.

As características do troço de vaga $A_1 A_2$, que penetra no interior do porto, foram determinadas, em planta e perfil, pela simples aplicação do método de Iribarren a uma vaga de Sueste com características conhecidas no alto mar ($2h_0 = 6^m, 2l_0 = 150^m$). Esta aplicação do método de Iribarren foi levada a efeito sobre uma Carta Hidrográfica da costa, em escala menor, desde a profundidade de $L_0 = 75^m$ até à entrada do porto.

A partir da posição AA, o troço $A_1 A_2$ da onda, que pela secção de entre-testas penetra no porto, sofre uma dupla expansão lateral, e o estudo da sua propagação para o interior, feito pelo processo que preconizámos, conduziu ao traçado do plano de ondulação representado na fig. 8.

Começou por se traçar a configuração planimétrica das sucessivas posições da linha de crista no interior do porto de acordo com a segunda hipótese fundamental enunciada.

Depois, calcularam-se gràficamente o valor do $\int_{A_1 A_2} h^2 \, ds$ — factor de energia correspondente à totalidade da vaga entrada no porto — e os valores do mesmo factor correspondentes aos troços limitados, na secção de entre-testas, pelas normais à linha de crista que definem as zonas de alimentação das diferentes expansões laterais simples fictícias a considerar na 2.ª fase do fenómeno de dupla expansão lateral ($\pi/4 < \beta < \pi/2$).

Na posse destes elementos, passou-se ao traçado dos diagramas de altura da onda nas sucessivas posições do seu avanço para o interior do porto, consoante foi indicado.

Assim, na 1.ª fase deste avanço — $\beta \geqslant \pi/2$: duas expansões laterais simples independentes — o diagrama de alturas foi determinado por simples aplicação do método de Iribarren.

Na 2.ª fase ($\pi/4 < \beta < \pi/2$), traçaram-se independentemente os diagramas de altura das duas expansões laterais simples fictícias supostas verificadas num e noutro extremos da vaga. Compuzeram-se, em seguida, os dois diagramas parciais fictícios, obtendo-se o perfil da onda resultante subtraindo das ordenadas de um desses diagramas os excessos da ordenada máxima comum adoptada sobre as ordenadas do outro no mesmo porto. Como foi dito, o factor de energia correspondente ao perfil resultante assim obtido, é muito sensìvelmente igual ao que corresponde à totalidade da vaga entrada pela secção de entre-testas, isto é, à soma do factor de energia correspondente ao diagrama de alturas de uma das expansões laterais simples (entre abcissas 0 e $\pi/2$ na fig. 7) com o que corresponde ao troço de vaga — de altura constante se não expandido frontalmente — ainda não atingido pela respectiva zona de alimentação (na fig. 7, o troço entre abcissas $\pi/2$ e $\beta + \pi/4$). Finalmente, na 3.ª fase do avanço ($0 < \beta < \pi/4$), o traçado dos diagramas, parciais e resultante, de alturas de vaga foi feito como anteriormente, notando apenas que o valor do factor de energia a considerar agora em

[1] V. os n.os 158, 160 e 161 — Julho e Dezembro de 1945 e Janeiro de 1946 — da «Técnica».

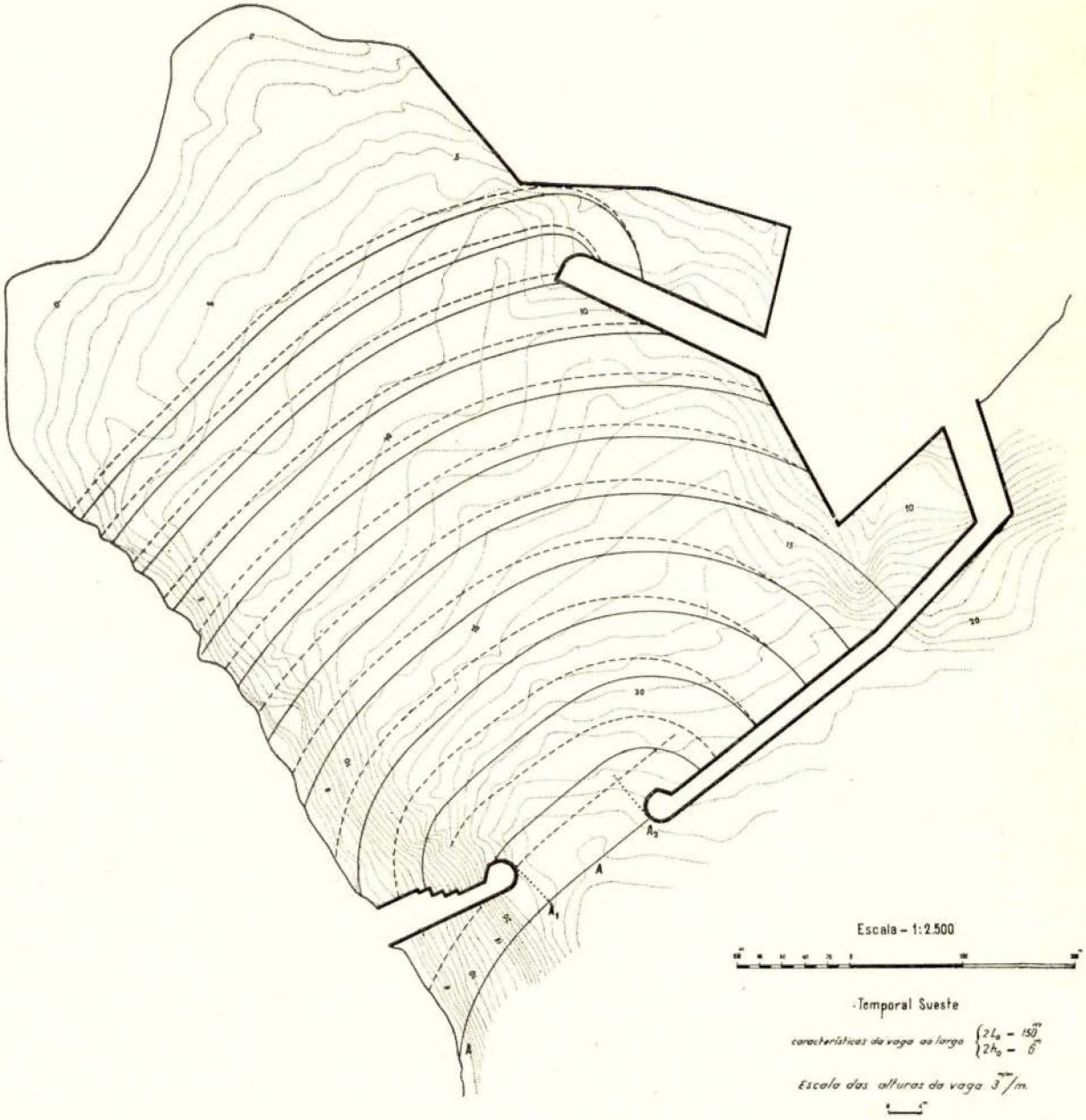

Escala – 1:2.500
Temporal Sueste
características da vaga ao largo
Escala das alturas da vaga

Fig. 8

cada uma das expansões laterais parciais — e, como anteriormente, na expansão lateral dupla resultante — é igual ao correspondente à totalidade da vaga que entrou no porto (basta atentar no conceito de zona de alimentação, zona cuja extensão diferencia entre si as três fases do avanço, para concluir que assim deve ser).

Porque, na exposição antecedente, sempre nos temos referido a fenómenos de *expansão* planimétrica, convém frizar, antes de passar adiante, e para obviar a qualquer eventual dúvida a esse respeito, que o método de Iribarren permite determinar não só a diminuição de altura da onda em resultado daquele fenómeno, como também o acréscimo dessa altura em consequência de qualquer *contracção* planimétrica, isto é, do *afunilamento* do espaço em que a onda se propaga. É o caso em que, na equação

$$h = h_0 \sqrt{\frac{A_0}{A}}$$

ou nas expressões equivalentes, é $A_0 > A$ e portanto $h > h_0$.

***

Revisto portanto, na concreta aplicação a um exemplo prático, o processo que preconizámos, tempo é de passar à parte final desta modesta contribuição para o estudo do complexo problema abordado — isto é, ao exame crítico do valor do método de Iribarren e sua generalização, bem como do alcance prático das limitações da sua aplicabilidade e dos erros provenientes da sua forçada inexactidão teórica.

Certo é que, sobretudo neste último aspecto, necessário se torna aguardar as indicações da observação e da experimentação criteriosamente planeadas e escrupulosamente efectuadas. Contudo, algumas conclusões, não de todo desprovidas de interesse, é desde já possível formular.

1. Independentemente das que lhe provêm das hipóteses próprias, a primeira restrição ao campo de aplicabilidade do método de Iribarren vem-lhe do seu primeiro fundamento teórico — a teoria trocoidal.

Esta, como se sabe, conduz a resultados de precisão mais que suficiente na prática quando aplicada a uma vaga que se propaga em grandes profundidades (superiores ao meio comprimento de onda), e é ainda perfeitamente aplicável enquanto a vaga, embora propagando-se em fundos menores, se mantém longe do valor da profundidade susceptível de lhe determinar a rebentação. É porém inaplicável às configurações instáveis da onda que precedem de pouco este fenómeno. E deixa igualmente de poder aplicar-se ao estudo de uma vaga que, por circunstâncias diferentes do valor reduzido da profundidade, se encontre próxima das condições de rebentação, como é o caso da «mareta» que o vento levanta, instável devido ao fraco valor da relação *comprimento de onda / amplitude*.

Analisemos o alcance prático destas restrições no estudo do problema que nos tem ocupado.

Evidentemente, a que se refere à chamada «mareta» ou «vaga de vento», gerada no local, de comprimento de onda muito reduzido e fraca amplitude, não apresenta interesse de maior, quer porque a sua feição instável, irregular e quase anárquica a furta à possibilidade de qualquer estudo, quer porque, se a obra ou acidente da costa estudados proporcionam abrigo contra os efeitos da vaga de temporal, mais forte e perigosa, de maior comprimento e amplitude, mais definida e estável na forma, cuja propagação é abordável pela análise, em regra o proporcionam também (salvo o caso de reflexões e interferências no interior do porto, que não são objecto do método de Iribarren) contra a vaga curta e de pequena amplitude, por vezes muito incómoda, mas sempre menos de temer, por menos possante.

Mais de considerar é o alcance da restrição proveniente de a deformação da vaga pelos pequenos fundos a subtrair ao domínio da teoria trocoidal, mesmo adaptada a profundidades reduzidas, quando não andem longe as condições susceptíveis de lhe causar a rebentação.

Ora, a profundidade crítica para o efeito depende, entre outros factores, do declive e rugosidade do fundo e anda por 2 a 5 vezes a semi-amplitude com que a vaga atinge a zona de rebentação, semi-amplitude que, quando haja uma extensa «plataforma continental» a percorrer, é acentuadamente superior à verificada no alto mar.

Admitida uma semi-amplitude de 3 metros para a vaga de grande temporal em pleno Atlântico [1], a profundidade limite para a legítima aplicação da teoria trocoidal, e portanto do método de Iribarren, ao estudo da sua propagação, seria compreendida entre 6 e 15 metros, na ausência da plataforma continental e consequente exalçação da onda — digamos, seria *da ordem dos 12 metros*. Na presença de uma plataforma continental, e consequentemente de maiores valores da amplitude da onda, este valor deverá sofrer um acréscimo, que pode ir aos 50 % se se dever admitir a existência de vagas abordando a costa com amplitudes da ordem dos 9 metros — quere dizer, devem ser encarados como duvidosos os resultados a que conduza o método de Iribarren para *profundidades inferiores a 18 a 20 metros, quando aplicado ao estudo da propagação duma vaga com aquela amplitude,* sobretudo se grande rugosidade do fundo submarino fizer prever a possibilidade de antecipação da rebentação.

Deste facto, e de ser normalmente a vaga de grande temporal aquela que mais interessa estudar, resulta o pouco interesse do método na análise das condições de abrigo proporcionadas pelas obras exteriores dos portos em praia de areia da nossa costa ocidental, na qual as profundidades limites de aplicabilidade relativas àquelas vagas se encontram a distâncias do litoral em regra inatingíveis pelos molhes.

Contudo, o método pode continuar a fornecer indicações de interesse, quer no exame das condições de tranquilidade e acesso oferecidas por esses mesmos portos contra vagas de menor amplitude, que ainda os não tornam impraticáveis, quer no estudo da propagação da vaga ao largo da costa ou no interior de determinadas baias ou abrigos naturais de entrada localizada em maiores profundidades.

É, porém, ao estudo das condições de abrigo verificadas ao longo da costa das nossas Ilhas, e no traçado das obras exteriores e interiores dos seus portos, que a aplicação dos processos de análise que expusemos se revela instrumento de trabalho de grande valor.

De facto, aí, na ausência de plataforma continental, as vagas atingem a costa com características pràticamente idênticas às que possuem ao largo e, por outro lado, as profundidades limites de aplicabilidade da teoria trocoidal, mesmo às vagas de tempestade, encontram-se a pequenas distâncias da linha da costa, sendo sempre atingidas por qualquer obra de abrigo que se queira projectar, e muitas vezes até pelos simples cais abertos ao mar que constituem os portos secundários.

Enquanto ao grau desta restrição de aplicabilidade, apenas se pode dizer que ela é inibitória quando a rebentação se verifique. Quando, porém — apesar de as profundidades serem vizinhas das susceptíveis de a determinar — não se produza a rebentação, a aplicação do método conduzirá a um erro, que apenas poderemos supor tanto maior quanto mais prestes a verificar-se esteja aquele fenómeno. Da magnitude desse erro nada saberemos enquanto um moroso trabalho de experimentação e observação nos não elucidar a tal respeito, tanto mais que se devem considerar na infância os complexos estudos relativos àquela condição da vaga.

2. As demais restrições à aplicabilidade do método de Iribarren ao estudo da propagação da vaga provêm das hipóteses que lhe são próprias.

Da exposição feita, resulta que nenhuma limitação, além da anteriormente referida, condiciona a legitimidade do processo no estudo planimétrico da propagação de uma vaga em regime de expansão frontal.

---

[1] É a opinião expressa pelo ilustre Director dos Serviços Meteorológicos dos Açores, Sr. Ten.-Cor. José Agostinho, fundamentada em múltiplas, demoradas e criteriosas observações e medições.